Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON
ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON
ERNST LAMLA

BEIRAT:
J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · C. W. CORRENS · H. J. DEUTICKE
H. v. FICKER · R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · K. HENKE
A. KUHN · M. v. LAUE · H. MARTIUS · R. W. POHL

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

41. JAHRGANG **HEFT 21** (ERSTES NOVEMBERHEFT) **1954**

INHALT:

Seite

AUFSÄTZE.

Krebsforschung. Von O. Warburg 485
Die Ostwaldsche Systematik der Pigmentfarben in ihrem Verhältnis zur Young-Helmholtzschen Dreikomponenten-Theorie. Von H. Hönl 487

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN.

Zur Sichtbarmachung magnetischer Felder. (Zuschrift zu dem Aufsatz von H. König.) Von M. v. Ardenne 494
Lokalisation von Teilchen im stehenden Ultraschallfeld. Von G. Keck 495
Neubestimmung der Halbwertszeit des ^{87}Rb. Von I. Geese-Bähnisch und E. Huster 495
Prinzipielle Betrachtungen im Periodischen System der Elemente. Beziehungen zwischen Kern und Hülle. Von R. Lepsius und S. K. Asunmaa 496
Periodische Vorgänge beim Abfunken von Berylliumbronze. Von F. Rosendahl und H. Kaiser 497
Eine neue Methode zur Messung des zeitlichen Einspritzverlaufs bei Dieselmotoren. Von C. Schacke und H. Straubel . 498
Wettereinfluß von Atomexplosionen als Störung periodischer Strömungen in der Stratosphäre. Von H. Teichmann . . 498
Der Gehalt des Saalewassers an Kupfer und Zink. Von F. Heide und E. Singer 498
Über organische Folien mit hoher Resistenz gegen Elektronenstrahlen. Von G. Butenuth, O. Glemser und K. v. Koch 499
Papierelektrophoretische Untersuchungen über die Bindung von Penicillin an Serumeiweißkörper. Von K. Oeff, S. Rust, E. Schwarz und H. J. Weise 500
Zur Konstitution des Despeptido-actinomycins. Von H. Brockmann und H. Muxfeldt 500
Dissoziationskonstanten und Lichtabsorption einiger Verbindungen des Metmyoglobins und des Chironomus-Methämoglobins. Von W. Scheler 501
Free Amino Acids in Some Indian Grown Rice Samples (Oryza Sativa Linn). Von D. B. Parihar 502
Über keimhemmende und antibakterielle Substanzen im Bodenwasser der Fichtenstreu. Von W. Bublitz 502
Versuche zur Nachprüfung der Wirkung von Mycostatin auf die experimentelle Candida-albicans-Infektion der weißen Maus. Von H. Millberger und E. Blank 503
Gehäuftes Auftreten von Leukämien nach Injektion von Sarkom-Filtraten. Von A. Graffi, H. Bielka, F. Fey, F. Scharsach und R. Weiss 503
Über die Entstehung von lymphoiden Tumoren bei Experimenten auf Basis der Induktionstheorie der Krebsentstehung. Von F. Schmidt 504
Untersuchungen am Yoshida-Tumor. Von H. Lettré und A. Schleich 505
Development of Amenenic Leaf in Tobacco. Von R. Johanson 505
Über die Aufnahme von radioaktivem Schwefel (^{35}S) bei einigen Kulturpflanzen. Von Ed. Hofmann und A. Süss . 506
Übertragung des Rübengelbsucht-Virus (Corium betae) mit Hilfe von Cuscuta. Von W. H. Fuchs und U. Beiss . . 506
Dauertänze im Bienenstock und ihre Beziehung zur Sonnenbahn. Von M. Lindauer 506
Einfluß der nichtbelichteten Retina auf das Gleichgewichtsverhalten von Fischen. Von E. v. Holst 507
Einige Beobachtungen über eine Modulation der Lichtempfindung durch starke magnetische Wechselfelder. Von Th. F. Zückler 508

Chromatographische Methoden in der Protein-Chemie

einschließlich verwandter Methoden wie Gegenstromverteilung, Papier-Ionophorese. Von Professor Dr. rer. nat. **Fritz Turba**, Organisch-Chemisches und Pharmakologisches Institut der Universität Mainz. Mit 258 Abbildungen. VIII, 358 Seiten Gr.-8°. 1954.

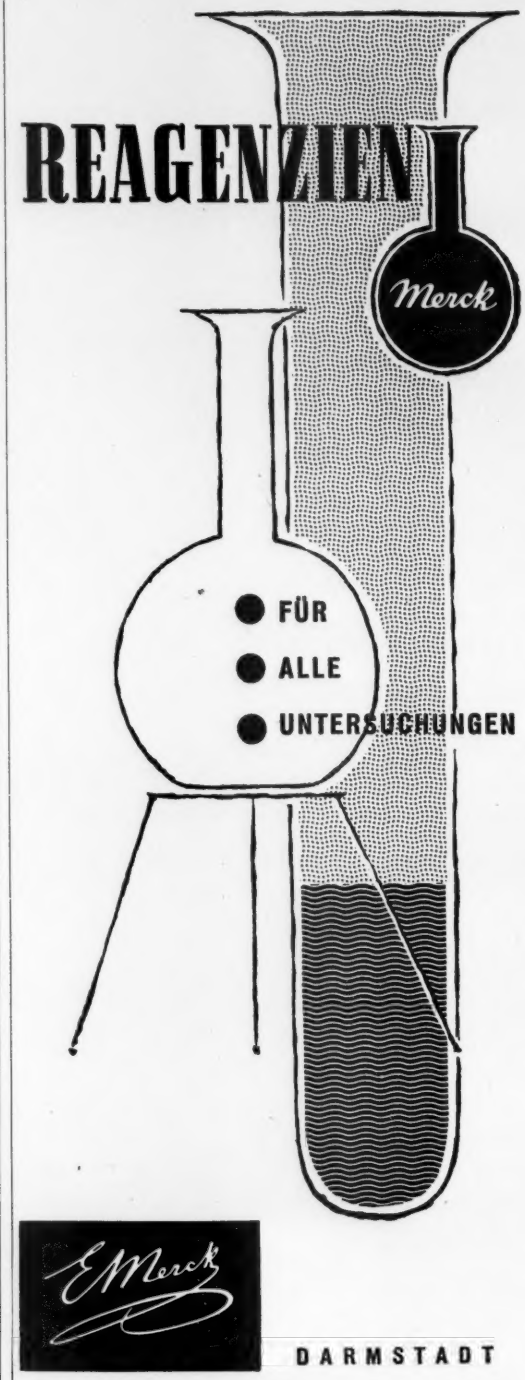
Ganzleinen DM 69.—

Inhaltsübersicht: I. Allgemeiner Teil. Einleitung. — Theoretische Grundlagen. — Mathematische Behandlung des Problems der Chromatographie. — Methodik. Geräte zur Säulenchromatographie. Geräte zur Papierchromatographie. Nachweis und Bestimmung der getrennten Fraktionen. Adsorbentien bzw. Träger; Lösungsmittel. — **II. Spezieller Teil.** Trennung, Identifizierung und Bestimmung der Aminosäuren. Analytische Trennung. Präparative Trennung. — Isolierung, Trennung und Charakterisierung von Peptiden, Peptid-Derivaten und verwandten Verbindungen. Vorwiegend Ionenaustausch. Vorwiegend Additionsadsorption. Vorwiegend Verteilung. — Weitere Anwendungsbeispiele chromatographischer Methoden. Aminosäureanalysen von Proteinen, Anwendungen chromatographischer Methoden auf Untersuchungen des Aminosäure- und Proteinstoffwechsels. Endgruppenbestimmung in Proteinen. — Trennung und Charakterisierung von Proteinen. Ionenaustausch und Adsorption. Fällungs- (speziell Aussalzungs-) Chromatographie von Proteinen. Verteilung. — **III. Verwandte Methoden.** Gegenstromverteilung zwischen begrenzt mischbaren Phasen („counter current distribution"). Ionophorese bzw. Elektrophorese in Trägern. — **Namenverzeichnis.**

Die Chromatographie, zunächst in der Proteinchemie noch ein sehr spezielles Gebiet, hat heute das allgemeine Interesse nicht nur der Chemiker, sondern vor allem auch der Biologen und Mediziner gefunden, für welche die zugrunde liegenden Methoden ebenfalls unentbehrlich geworden sind. Die vorliegende endgültige Fassung des Werkes war erst möglich geworden, nachdem die Entwicklung der Forschung auf dem methodischen Gebiet einen gewissen Abschluß erreicht hatte und sich ihr Schwerpunkt auf die Anwendung der neu erarbeiteten Methoden auf die verschiedensten Probleme der Proteinforschung verlagert hatte.

Der Leitgedanke bei der Abfassung des Manuskripts war der, eine solche Auswahl zu treffen, daß für ein bestimmtes Problem durch Analogie eine Beurteilung der besten methodischen Möglichkeiten abzuleiten sein sollte. Darum wurden die experimentellen Details der methodisch wertvollsten Arbeiten so ausführlich zitiert, daß ein Nacharbeiten ohne Einsicht der Originalstelle möglich wird. Wo immer angängig, wurde versucht, durch Abbildungen, graphische Darstellungen oder Tabellen das Wesentliche anschaulicher, prägnanter und kürzer zu fassen als durch umständliche Texte. Diskussionen über die Leistungsfähigkeit und die Grenzen der einzelnen Verfahren sowie Darlegungen wichtiger theoretischer Zusammenhänge vervollständigen das Werk.

SPRINGER-VERLAG
BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG



DIE NATURWISSENSCHAFTEN

41. Jahrgang Heft 21 (Erstes Novemberheft) 1954

Krebsforschung*).

Von Otto Warburg, Berlin-Dahlem.

1923 [1] wurde in Dahlem die Gärung der Tumoren entdeckt, diejenige biochemische Eigenschaft, durch die sich das Tumorwachstum von dem normalen Wachstum unterscheidet. Zwar spalten alle normalen wachsenden Körperzellen bei Abschluß von Sauerstoff Zucker zu Milchsäure, aber bei Zutritt von Sauerstoff verschwindet in den normalen Zellen diese Gärung und macht einem reinen Oxydationsstoffwechsel Platz; während in den Tumorzellen die Atmung zu klein oder zu unwirksam ist und eine erhebliche Gärung übrig läßt — die aerobe Gärung der Tumoren, deren Ursache also die insuffiziente Atmung der Tumorzellen ist.

Kein Tumor ist seit 1923 gefunden worden, der aerob nicht gärt, und kein normales wachsendes Gewebe ist gefunden worden, das im Körper, angeschlossen an den Kreislauf, bei Sättigung mit Sauerstoff gärt.

Ascites-Tumorzellen.

Ein Fortschritt ist in der letzten Zeit dadurch erzielt worden [2], daß als Versuchsmaterial an Stelle von Tumoren, die immer neben Tumorzellen auch normale Zellen enthalten, die frei in der Bauchhöhle lebenden Ascites-Tumorzellen verwendet wurden, Krebszellen, die ohne wesentliche Verunreinigung mit andern Körperzellen gewonnen werden können. Wie zu erwarten war, wurden sehr große Gärungswerte für dieses reine Krebszellenmaterial gefunden.

Bezogen auf das Trockengewicht der Zellen, betrug bei 38° die Milchsäurebildung pro Stunde anaerob bis zu 27% und aerob bis zu 14% des Zellgewichts.

Entstehung der aeroben Gärung.

Von den beiden energieliefernden Stoffwechselvorgängen der Körperzellen, der Atmung und der Gärung, ist die Atmung der empfindlichere, und so ist es leicht, in normalen wachsenden Körperzellen den Stoffwechseltypus der Tumorzellen zu erzeugen, z. B. indem man kleine Mengen Blausäure oder arsenige Säure in die Zellen hineinbringt. Dann sinkt die Atmung, und die aerobe Gärung erscheint.

Auch gegen Sauerstoffmangel ist die Atmung empfindlicher als die Gärung. Entzieht man wachsenden Körperzellen für einige Stunden den Sauerstoff und sättigt sie dann wieder mit Sauerstoff, so ist ein Teil der Atmung verschwunden und eine dem Atmungsschwund entsprechende aerobe Gärung erschienen.

Indessen erhielten wir bei derartigen Versuchen niemals Tumorzellen aus normalen Zellen. Offenbar gehört zur Umwandlung normaler Körperzellen in Tumorzellen nicht nur, daß die Atmung geschädigt wird und daß die Atmungsschädigung irreversibel ist, sondern darüber hinaus, daß die Schädigung der Atmung bei der Teilung der Zellen bestehen bleibt.

Es ist in diesem Zusammenhang erwähnenswert, daß man in Milchsäurebakterien durch Sauerstoffmangel aerobe Gärung heranzüchten kann [3]. Züchtet man aerobe Milchsäurebakterien längere Zeit unter Sauerstoffmangel, so verlieren sie allmählich das zur Atmung notwendige Fermentsystem, und über Zwischenstufen aerob gärender Milchsäurebakterien erhält man schließlich Milchsäurebakterien, die nur noch gären und nicht mehr atmen.

Die Versuche von Goldblatt *und* Cameron [4].

1953 erschien eine Arbeit von Harry Goldblatt und Gladys Cameron über die Wirkung von Sauerstoffmangel auf wachsende Körperzellen in Versuchen von mehreren Jahren Dauer. Herzfibroblasten wurden in Gewebekulturen, in „roller-tubes" nach G. O. Gey [5], $2^1/_2$ Jahre gezüchtet. Ein Teil der Kulturen wurde innerhalb dieser langen Versuchszeit mehrere Male für kurze Zeit Sauerstoffmangel ausgesetzt. In zwei Kulturen entwickelten sich aus den Herzfibroblasten Tumorzellen, aus denen bei Verimpfung auf gesunde Ratten transplantable Fibrosarkome entstanden. In den Kontrollkulturen, die dem Sauerstoffmangel nicht ausgesetzt waren, entwickelten sich keine Tumorzellen.

Wenn diese Versuche, was ich glaube, sich weiterhin bestätigen lassen, so darf man aus ihnen doch nicht schließen, daß Sauerstoffmangel die einzige Ursache ist, durch die im Körper Tumorzellen aus normalen wachsenden Zellen entstehen; aber intermittierender Sauerstoffmangel wird eine häufige Ursache sein, da intermittierender Sauerstoffmangel im Körper, z. B. durch Druck auf die Blutgefäße, häufig vorkommt. Experimentell, in Gewebekulturen, ist es im übrigen viel leichter, die Atmung intermittierend durch Sauerstoffmangel zu schädigen als durch Hinzufügen und Fortnahme von Atmungsgiften, wie arsenige Säure.

Gärungsfermente der Tumoren.

Wir kristallisierten ein Gärungsferment aus Rattentumoren [6] und verglichen es mit einem kristallisierten Gärungsferment, das wir aus Rattenmuskeln kristallisiert hatten. Kein Unterschied zwischen den beiden Gärungsfermenten wurde gefunden, weder qualitativ noch quantitativ in bezug auf die katalytischen Wirksamkeiten. Diese Ergebnisse regten zu Versuchen über die Wechselwirkung zwischen den Gärungsfermenten der Tumoren und ihrer Umgebung an.

Läßt man Ascites-Tumorzellen [7] in Ascites-Serum, das keinen Zucker enthält, einige Stunden bei 38° stehen, zentrifugiert dann die Zellen ab und analysiert das Serum, so zeigt sich, daß die Tumorzellen Gärungsferment an das Serum abgegeben haben. Diese Abgabe ist anaerob so groß, daß in einigen Stunden oft die Hälfte des zuckerspaltenden Ferments der Tumorzellen abgegeben wird. Aerob ist die Abgabe geringer, aber doch noch erheblich. Das Ergebnis

*) Dr. Ernst Telschow zu seinem 65. Geburtstag am 31. Oktober 1954 gewidmet.

ist also, daß *Tumorzellen, die nicht gären*, Gärungsferment an die Umgebung abgeben.

Setzt man aber dem Ascites Zucker zu und bringt damit die Gärung in Gang, so geben nunmehr die Tumorzellen kein Gärungsferment an die Umgebung ab, sondern nehmen umgekehrt Gärungsferment aus ihrer Umgebung heraus, sei es, daß sie Gärungsferment zerstören, sei es, daß sie es als intaktes Ferment aufnehmen. Hierbei machte es keinen Unterschied, ob die Bedingungen aerob oder anaerob waren.

Während wir bei diesen Versuchen die Wechselwirkung zwischen den Gärungsfermenten der Tumoren und ihrer Umgebung in vitro untersuchten, haben wir in anderen Versuchen die gleiche Wechselwirkung im lebenden Tier untersucht. Wir fanden [*8*], daß das Blutserum von Tumortieren mehr Gärungsferment enthält als das Blutserum normaler Tiere. Diese Vermehrung der Gärungsfermente im Blutserum, die das 10fache des Normalwerts betragen kann, wenn die Tumoren groß sind, ist an die Virulenz der Tumorzellen gebunden. Man findet nur wenig Vermehrung, wenn die Tumoren nekrotisieren oder wenn man das Wachstum der Tumoren durch Urethan [*9*] hemmt. Man findet die Vermehrung sehr erheblich in vorgeschrittenen Stadien von menschlichem Prostata-Krebs, wie in dem Institut von CHARLES HUGGINS in Chicago von BAKER und DOVAN [*10*] kürzlich gefunden worden ist. Wurde die Virulenz des Prostata-Krebses durch Behandlung der Patienten mit Oestrogen vermindert, so ging sehr bald die Konzentration des Gärungsferments im Blutserum zurück. Wurde dann die Virulenz des Prostata-Krebses durch Behandlung der Patienten mit Testosteron wieder erhöht, so stieg alsbald die Konzentration der Gärungsfermente im Blutserum wieder an. Die Idee, daß virulente Krebszellen Gärungsfermente aus normalen Körperzellen zum Übertritt in den Blutkreislauf veranlassen, ist nach diesen Versuchen naheliegend, hat sich aber bisher weder beweisen noch widerlegen lassen.

Tumorgärung und ungeregeltes Wachstum.

Die *anaerobe* Gärung der Tumorzellen ist für alle Tumoren nahezu gleich groß. Die aerobe Gärung der Tumorzellen jedoch ist ungleich. Sie ist um so größer, je virulenter die Krebszellen sind, je schneller und destruktiver sie wachsen.

Dies spricht dafür, daß die Regelung des Wachstums im Körper durch einen Mechanismus ausgeübt wird, der mit der Sauerstoffatmung zusammenhängt. Dann würde man verstehen, warum die Tumoren ungeregelt wachsen: weil sie über eine Energiequelle verfügen, die dieser Regelung nicht unterworfen wäre.

Anwendungen auf die Medizin.

Da die aerobe Gärung der Tumoren eine latente Stoffwechselkomponente der normalen wachsenden Körperzellen ist, so spricht der Stoffwechsel der Tumoren nicht zugunsten eines körperfremden in den Krebszellen lebenden Erregers. Im Gegenteil, es ist das Ergebnis der Arbeiten über den Stoffwechsel der Tumoren, daß Krebs eine Infektion mit körpereigenen Zellen ist, die aus normalen Körperzellen durch chronische Schädigung entstanden sind.

Stimmt man dieser Schlußfolgerung zu, so weiß man, was man zur Bekämpfung des Krebses zu tun hat. Zweifellos wird man den Krebs auf einen Bruchteil seines heutigen Vorkommens vermindern können, wenn man darauf bedacht ist, chronische Schädigungen von den Körperzellen fernzuhalten. Zum Beispiel wird man vor dem Inhalieren von Zigarettenrauch warnen müssen; man wird die Dieselöldämpfe von den Straßen verbannen müssen; man wird das Räuchern von Lebensmitteln nur mit bestimmten Raucharten zulassen dürfen; man wird Lebensmittel nicht mehr mit Anilinfarbstoffen färben; man wird Lebensmittel nicht mehr mit Antiseptika konservieren, die zwar Bakterien, aber erst recht die Körperzellen schädigen; und man wird noch vieles andere tun müssen, was man mit dem nötigen Nachdruck so lange nicht tun konnte, als man „nicht wußte, was der Krebs ist".

Chemotherapie.

Schließlich, wie steht es mit der Chemotherapie? Bedenkt man, daß die Krebszellen durch Schädigung aller Art aus normalen Körperzellen entstehen, so wird man die Chancen nicht für groß halten, Substanzen zu finden, die elektiv Krebszellen schädigen. Aber das heroische Zeitalter der Medizin, das gegen alle Chancen den Sieg im Kampf gegen die Bakterien errungen hat, läßt sich durch Bedenken nicht schrecken. Krebs, dessen Ursprungsgewebe mit Sexualfunktionen zu tun hat, kann, wie CHARLES HUGGINS zeigte, durch Sexualhormone beeinflußt werden. So fand HUGGINS, daß man menschlichen Prostata-Krebs zum Stehen, sogar zum Verschwinden bringen kann, wenn man im Körper die männlichen Sexualhormone durch weibliche verdrängt; und daß man Mammakrebs hemmen kann, wenn man umgekehrt die weiblichen Sexualhormone durch männliche verdrängt. GERHARD DOMAGK [*11*] hat vor kurzem gezeigt, daß man mit Chinonen Rattentumoren zum Verschwinden bringen kann. Vielleicht hat DOMAGK damit den Weg zu einer allgemeinen Chemotherapie der Tumoren eröffnet. Wenn Anaerobier bereits durch Luftsauerstoff abgetötet werden, wenn Krebszellen gegen höhere Sauerstoffdrucke merklich empfindlicher sind als normale Körperzellen, so könnte man verstehen, daß Krebszellen, wegen ihrer anaeroben Stoffwechselkomponente, gegen oxydierende Substanzen empfindlicher wären als normale Körperzellen.

Literatur.

[*1*] WARBURG, O.: Stoffwechsel der Tumoren. Berlin 1926. — [*2*] WARBURG, O., u. ERNST HIEPLER: Z. Naturforsch. **7b**, 193 (1952). — [*3*] DAVIS, J. G.: Biochem. Z. **265**, 90 (1933); **267**, 357 (1933). — [*4*] GOLDBLATT, HARRY, and GLADYS CAMERON: J. Exp. Med. **97**, 525 (1953). — [*5*] CAMERON, G.: Tissue Culture Technique. New York: Academic Press 1951. — [*6*] KUBOWITZ, F., u. P. OTT: Biochem. Z. **314**, 94 (1943). — [*7*] WARBURG, O., K. GAWEHN u. G. LANGE: Z. Naturforsch. **9b**, 109 (1954). — [*8*] WARBURG, O., u. W. CHRISTIAN: Biochem. Z. **314**, 399 (1943). — [*9*] SIBLEY, J. A., and A. L. LEHNINGER: J. Nat. Canc. Inst. **9**, 303 (1949). [*10*] BAKER, R., and G. DOVAN: Cancer Res. **13**, 141 (1953). — [*11*] DOMAGK, GERHARD: Vortrag bei dem Treffen der Nobelpreisträger in Lindau 1954. — WARBURG, O.: Arch. Geschwulstforsch. **6**, 7 (1953).

Max-Planck-Institut für Zellphysiologie, Berlin-Dahlem.

Eingegangen am 18. August 1954.

Die Ostwaldsche Systematik der Pigmentfarben in ihrem Verhältnis zur Young-Helmholtzschen Dreikomponenten-Theorie.

Von HELMUT HÖNL, Freiburg i. Br.

Die Anziehungskraft, welche die Farbenlehre auf Geister der verschiedensten Art und Prägung immer wieder ausgeübt hat, beruht zweifellos auf dem Reichtum der Beziehungen, in denen „Farbe" zu den verschiedenen Bereichen menschlicher Tätigkeit und des Wissens steht. Dem entspricht es, daß Forscher sehr verschiedener Herkunft zur Entwicklung der Farbenlehre das ihre beigetragen haben: Physiker wie NEWTON, MAXWELL und HELMHOLTZ, Mathematiker wie J. LAMBERT und H. GRASSMANN, ein Arzt, Sprachforscher und Physiker wie THOMAS YOUNG, Physiologen und Psychologen wie J. v. KRIES und E. HERING, Chemiker wie WILHELM OSTWALD und nicht zuletzt Künstler wie PHILIPP OTTO RUNGE und GOETHE. Man wird sich daher nicht wundern dürfen, daß bei der Verschiedenheit und oft Gegenläufigkeit der Interessen bei diesen Bemühungen häufig Disparates und scheinbar sich Widersprechendes zum Vorschein gekommen ist (wofür GOETHEs Polemik gegen NEWTON das berühmteste Beispiel ist). Im ganzen haben alle diese Beiträge zur Farbenlehre aber nur den Beziehungsreichtum und die Vielschichtigkeit des Begriffes Farbe immer deutlicher ans Licht gebracht. Es hat sich meist gezeigt, daß die einzelnen Forscher, einer ursprünglichen und für die Folge entscheidenden Intuition folgend, den Begriff Farbe jeweils neu und unvoreingenommen angesetzt haben, ohne sich durch gleichzeitige andere Aspekte beirren zu lassen — gerade hierauf beruht die Überzeugungskraft ihrer jeweiligen Sicht und der gewonnenen Resultate. Für eine *kritische* Besinnung sieht die Sache freilich anders aus. Ihr obliegt es — eine immer nur stufenweise lösbare Aufgabe —, in jedem Einzelfall eines scheinbaren Widerspruchs die relative Berechtigung ursprünglich „frei" gewählter Standpunkte zu erweisen und gleichzeitig die Verwurzelung aller möglichen Standpunkte in dem „Gegenstand" Farbe darzutun. So könnte die Farbenlehre — von dem ungemeinen, auf unmittelbarer Anschauung beruhenden Reiz der farbigen Phänomene ganz abgesehen — ein prachtvolles Beispiel menschlicher Freiheit abgeben. Wenn sie statt dessen bisher öfters der Schauplatz unfruchtbarer Streitigkeiten gewesen ist, so zeigt sich hierin leider nur allzu deutlich die gewöhnliche Vorherrschaft von Leidenschaft und dogmatischer Voreingenommenheit.

Wir beschränken uns im folgenden auf eine möglichst einfache Herausarbeitung des Verhältnisses der OSTWALDschen *Farbensystematik* zur klassischen, auf YOUNG und HELMHOLTZ zurückgehenden *Dreikomponententheorie des Farbensehens*. Das Feld der Auseinandersetzung ist also dasjenige der gewöhnlichen naturwissenschaftlichen Begriffsbildung. Trotzdem bestanden und bestehen zwischen den Anhängern der einen und anderen Lehre Unterschiede der Auffassungen, welche nicht selten zu polemischer Stellungnahme Anlaß gegeben haben. Wir führen in dieser Hinsicht am besten W. OSTWALD selbst an, der in einer zuletzt 1949 aufgelegten Schrift „Farbnormen und Farbharmonien" sich wie folgt äußert[1]): „Nun besteht bezüglich der drei Veränderlichen der Farbe ein halbjahrhundertjähriger Irrtum, dessen Beseitigung um so länger gedauert hat, als er von einem der größten Forscher herrührt, nämlich von HELMHOLTZ. Dieser hat, nachdem schon im 17. Jahrhundert durch T. MAYER und J. LAMBERT die dreifaltige Beschaffenheit der Farbe festgestellt worden war, als deren unabhängig Veränderliche *Farbton*, *Reinheit* und *Helligkeit* angegeben. Diese Auffassung ist bis heute vorherrschend geblieben und hat durch ihre Unrichtigkeit bisher jeden Versuch vereitelt, auf dieser Grundlage ein System aller Farben wirklich aufzustellen" — und fortfahrend heißt es: „Erst durch HERING wurde der Nachweis vorbereitet, daß an ihre Stelle *Farbton*, *Weißanteil* und *Schwarzanteil* zu treten haben". — In neueren Darstellungen hat man den Unterschied zwischen der HELMHOLTZschen und der OSTWALDschen Auffassung meist dadurch auszugleichen versucht, daß man einerseits von „HELMHOLTZ-Koordinaten", andererseits von „OSTWALD-Koordinaten" zur Kennzeichnung eines Farbeindruckes sprach, zwischen denen bestimmte Transformationsgesetze bestehen. So richtig dieser Hinweis zweifellos an sich ist, so bezeichnet er unseres Erachtens doch noch keineswegs die entscheidende Differenz. Diese liegt vielmehr in einem *Unterschied der Blickrichtungen* überhaupt. Es scheint uns daher erforderlich, diesen grundsätzlichen Unterschied in den Vordergrund zu rücken und im voraus zu verdeutlichen, um die *volle* Berechtigung der sich entgegenstehenden Auffassungen erweisen und ihr Wechselverhältnis erfassen zu können.

Eine solche Erörterung scheint übrigens um so wünschenswerter zu sein, als die OSTWALDsche Systematik der Pigmentfarben in zwei ausführlichen modernen Darstellungen des Farbsehens, in dem vortrefflichen Artikel „Die Gesichtsempfindungen" von E. SCHRÖDINGER [*16*] im MÜLLER-POUILLETschen Handbuch und in der so reizvoll geschriebenen Monographie „Farbe und Farbwahrnehmung" von P. J. BOUMA [*18*], nur beiläufig zur Sprache kommt. Allein in dem „Grundriß der Farbenlehre der Gegenwart" von M. RICHTER [*17*] findet sich im Anschluß an Arbeiten von R. LUTHER [*19*] und N. D. NYBERG [*20*] eine ihrer Bedeutung entsprechende Würdigung der OSTWALDschen Lehre, wobei wir sogleich hervorheben möchten, daß über den Zusammenhang der OSTWALDschen Farbensystematik mit der klassischen Reizmetrik uns in systematischer Hinsicht das Entscheidende in den beiden letztgenannten, leider zu wenig bekannten Arbeiten von LUTHER und NYBERG gesagt zu sein scheint[2]). Die 100. Wiederkehr des Geburtstages von WILHELM OSTWALD am 2. September 1953 schien ein würdiger Anlaß, eine kritische Darstellung der genialen Intuition des großen Forschers zu rechtfertigen.

[1]) Siehe Literaturverzeichnis: Schriften von W. OSTWALD zur Farbenlehre [*12*]

[2]) Auf die *praktische* und *ästhetische* Seite des Farbenproblems, auf die OSTWALD mit Recht großes Gewicht gelegt hat, soll hier nicht eingegangen werden. Dagegen halten wir uns streng an unser Thema: Die theoretische Begründung der Systematik der Pigmentfarben. Nur im Schlußabschnitt dieser Abhandlung werden wir kurz auf die psychologische Farbordnung nach EWALD HERING zu sprechen kommen, weil hier eine Grenze sowohl der OSTWALDschen Lehre als auch der Dreikomponententheorie sichtbar wird und weil OSTWALD häufig an die Vorarbeiten von HERING (und übrigens auch von A. H. MUNSELL) angeknüpft hat.

1. Grundzüge der OSTWALD*schen Farbensystematik* ([*1*] bis [*12*]).

OSTWALDs Lehre nimmt ihren Ausgang von der dem Maler und Künstler geläufigen Erfahrung der psychologischen *Farbwirkung* und des *Farbenmischens*. In diesem Ursprung: ihrer Verwurzelung in der *natürlichen* Erfahrung liegt ihre Stärke. Diesen Ausgangspunkt — aber auch nur ihn — hat sie mit der GOETHEschen Farbenlehre gemein; denn GOETHEs Anliegen bei seinen Farbstudien war ja ursprünglich ebenfalls, dem Maler und Färber Regeln an die Hand zu geben, die ihn in den Stand setzen sollten, gewünschte Wirkungen, sowohl hinsichtlich der Komposition als auch der Farbqualitäten, gemäß diesen gesetzmäßig hervorzubringen. Während aber GOETHEs Gesamteinstellung einer quantitativen Erfassung der sich in den Farbphänomenen offenbarenden Gesetzmäßigkeiten gänzlich abhold war, ist OSTWALDs Farbenlehre von Anfang an darauf gerichtet gewesen, den „Übergang von der bisherigen qualitativen Entwicklungsstufe zur quantitativen" zu vollziehen und damit für seine Farblehre „die unumgängliche Grundlage von Maß und Zahl" zu schaffen, „ohne welche der Auf- und Ausbau einer rationell begründeten Farblehre (einschließlich Farbharmonik)[1]) überhaupt nicht möglich wäre" [*12*]. Daher ist OSTWALDs Farblehre auch echte Naturwissenschaft in dem durch die Klassiker dieser Disziplin herausgebildeten Sinne.

Was bedeutet nun für OSTWALD das Wort „Farbe"? OSTWALD knüpft an die farbige Qualität an, *die ein Körper als Eigenschaft besitzt*. Farbe, Härte, Geruch, Wärmegrad sind demnach der Qualität (genauer: Modalität) nach verschiedene, sonst aber koordinierte Eigenschaften eines materiellen Objektes. Das Urteil „der Apfel *ist rot*" drückt ebenso ein *konstantes* Verhältnis zwischen dem Objekt Apfel und einer durch das Sinnesorgan Auge wahrgenommenen Eigenschaft aus, wie die Aussage „der Apfel schmeckt süß" eine entsprechende Relation des Apfels zum Geschmacksorgan der Zunge zum Ausdruck bringt. Selbst bei stark verminderter Beleuchtungsintensität, bei welcher gerade noch normales „Tagessehen" möglich ist, wird die Farbe eines Gegenstandes im allgemeinen als *dieselbe* wie bei heller Beleuchtung wahrgenommen. In diesem Sinne sprechen Maler, Färber oder Kinder von „Farben" und gehen mit diesen um. *Demgemäß ist die* OSTWALD*sche Farblehre ihrer wesentlichen Grundtendenz nach objektgebunden*. Daher ist bei OSTWALD grundsätzlich auch *nur* von *Körper-* oder *Pigmentfarben* die Rede. Bei der ihr entsprechenden — zwar naheliegenden, aber nur anscheinend selbstverständlichen — Bestimmung von Farbe wird ersichtlich der Bereich der „natürlichen" Erfahrung nicht überschritten. Wir bemerken schon hier, daß die Thematik der HELMHOLTZschen Untersuchungen über *Farbempfindung* (und ebenso bei allen seinen Nachfolgern) schon im Ansatz der OSTWALDschen Tendenz gerade *entgegengesetzt* ist, worin die vielfachen Mißdeutungen, denen die Anschauungen der einen Richtung durch die Anhänger der anderen ausgesetzt waren, ihren Ursprung haben.

Wie vollzieht sich dieser Grundbestimmung von Farbe entsprechend der weitere Aufbau der OSTWALDschen Farbensystematik? Wir gehen hierbei, die Genesis der Farbenlehre gegenüber OSTWALD vereinfachend, von einigen Grunderfahrungen über *additive Farbenmischung* aus, die sich in wenige *Grundsätze* (Axiome) zusammenfassen lassen. Ein einfaches Hilfsmittel, additiv anteilige Farbmischungen von Pigmentfarben hervorzubringen, ist der (nach Sektoren aufgeteilte) *Farbkreisel*, den schon J. C. MAXWELL mit Vorliebe bei seinen Versuchen über Farbmischung benutzt hat und den auch OSTWALD bei seinen Farbstudien öfters herangezogen hat[2]). Im übrigen sind diese einfachen Erfahrungen über Anordnung und Mischung von Körperfarben (Pigmente) jedem Maler geläufig, nur daß dieser in quantitativ weniger genau faßbarer Weise seine Farben auf der Palette zusammenmischt[3]).

Die der unmittelbaren Anschauung und den Versuchen mit dem Farbkreisel zu entnehmenden *Grunderfahrungen* lassen sich in die folgenden fünf *Axiome* zusammenfassen[4]):

1. Es gibt *bunte* und es gibt *unbunte* Farben.

2. Die unbunten Farben bilden eine stetige lineare Reihe: die *Grauleiter*. Die Enden der Grauleiter bilden die Farben Schwarz und Weiß. Charakteristischerweise treten Schwarz und Weiß bei OSTWALD als „Grundfarben" auf (wie es auch der Erfahrung des Malers entspricht).

3. Jeder *Grauton* läßt sich durch anteilige Mischung aus Weiß und Schwarz eindeutig *ermischen*. In diesem Sinne ist es richtig zu sagen, daß jedes Grau einen bestimmten *Weißgehalt W* und einen bestimmten *Schwarzgehalt S* anteilig „enthält"; es gilt demnach für die unbunten Farben:

$$W + S = 1. \tag{1}$$

Es sei sogleich bemerkt, daß die Stufen einer Grauleiter, in der der Weißgehalt entsprechend einer arithmetischen Reihe gleichmäßig zunimmt, keineswegs als „gleichabständig" empfunden wird; vielmehr gilt hier das FECHNER-WEBERsche Gesetz (s. auch Abschnitt 3).

Zum Verständnis der OSTWALDschen Lehre ist weiterhin der Begriff „*Vollfarbe*" von entscheidender Bedeutung. Unter Vollfarbe soll ein homogener Farbeindruck verstanden werden, dem wir gemäß der natürlichen Erfahrung in der Ausdrucksweise R. LUTHERs [*19*] ein besonders großes „Farbmoment" zusprechen werden. Hierunter ist — vorbehaltlich späterer genauerer Definition — folgendes zu verstehen: Fassen wir eine Farbe von ausgesprochenem Farbcharakter, etwa ein bestimmtes Hochrot, ins Auge, so lassen sich durch additive anteilige Mischung mit Weiß alle möglichen Abwandlungen von Rot ermischen, die bei gleichem „Farbton" Rot eine stetige lineare Reihe von Hochrot über Rosa, Hellrosa bis Weiß bilden. OSTWALD nennt diese Reihe charakteristisch die Reihe der „*hellklaren*" Farben zwischen Rot und Weiß (die Silbe „klar" deutet auf Abwesenheit von „Trübe" hin), wobei die „Sättigung"[5]) an

[1]) Im Text steht „Farbharmonik" statt „Farblehre".

[2]) Leider hat W. OSTWALD den Farbkreisel nicht durchgängig und systematisch bei seinen Farbstudien benutzt, wodurch seine Ausführungen an Deutlichkeit sehr gewonnen hätten. Die Experimente mit dem Farbkreisel sind übrigens eine so einfache Erfahrungsquelle, daß wir die auf diesem Wege gewonnenen Erfahrungen ohne weiteres der „natürlichen" Erfahrung zuordnen möchten.

[3]) Von den komplizierteren Verhältnissen bei der sog. *subtraktiven* Mischung, wie sie bei der Mischung bunter Farben auf der Palette eine Rolle spielt, kann im folgenden abgesehen werden.

[4]) Dem Leser sei dringend anempfohlen, zur Veranschaulichung der folgenden Verhältnisse OSTWALDs „Farbenfibel" (Verlag Unesma, Berlin) zur Hand zu nehmen.

[5]) Das Merkmal „Sättigung" einer Farbe bestimmten Farbtones ist an sich der OSTWALDschen Farblehre fremd und stammt von HELMHOLTZ; siehe hierzu Abschnitt 3. OSTWALD ersetzt das Merkmal Sättigung durch Weißgehalt. Die bekannte HELMHOLTZsche Kennzeichnung eines Farbeindrucks durch seine Sättigung steht bei den hellklaren Farben in einer eindeutigen Beziehung zum Weißgehalt.

Rot in der Reihe der genannten Farbqualitäten von Hochrot bis Weiß mit zunehmendem Weißgehalt stetig abnimmt. Auf Grund der natürlichen Erfahrung gewinnen wir hierbei den Eindruck, daß die Reihe der hellklaren „farbtongleichen" Farben nach der Seite des Rot ein natürliches Ende besitzt, das im vorliegenden Falle etwa durch ein bestimmtes (hier als Ausgangsfarbe gewähltes) Hochrot von auffallender „Leuchtkraft" repräsentiert wird. Diese ausgezeichnete Farbe von ausgesprochenem Farbcharakter (Farbmoment) bezeichnet OSTWALD als *Vollfarbe*. — Aber nicht nur bei Mischung einer Vollfarbe mit Weiß, sondern auch mit Schwarz ergibt sich eine stetige Farbenreihe — in unserem Fall die Reihe der *„dunkelklaren"* Farben zum Farbton Rot, die sich von Hochrot über Dunkelrot und Braun bis Schwarz erstreckt —, bei der die „Vollfarbe" Hochrot wieder als natürliches Ende erscheint. Daher lassen sich nach OSTWALD sowohl die hellklaren wie auch die dunkelklaren durch ihren (im Sinne der additiven anteiligen Mischung *eindeutig* angebbaren) Gehalt an Vollfarbe — den *„Farbgehalt"* V — charakterisieren (vorausgesetzt allerdings, daß die Vollfarbe in einer bestimmten Normierung schon vorliegt, s. insbesondere Abschnitt 4), wobei jetzt gilt:

a) für hellklare Farben: $V + W = 1$, (2a)

b) für dunkelklare Farben: $V + S = 1$. (2b)

Schon hier tritt uns ein kennzeichnender Grundzug der OSTWALDschen Farbensystematik entgegen, der zweifellos als ein besonderer Vorzug dieser gegenüber früheren Systematisierungen gewertet werden muß. Dieser zeigt sich darin, daß häufig vorkommenden Farben wie z. B. Braun und Olivgrün als dunkelklaren Modifikationen von Rot bzw. Gelb innerhalb dieser Systematik ein *natürlicher*, auf Grund von Mischversuchen eindeutig bestimmbarer Ort zugewiesen wird. Es ist einer Farbe wie Dunkelolivgrün ja nicht ohne weiteres „anzusehen", daß sie eine Mischung der Vollfarbe *Gelb* mit einem bestimmten Anteil Schwarz darstellt, wie jedoch andererseits leicht mit dem Farbkreisel geprüft werden kann. Daß Farben wie Braun und Olivgrün unter besonderen, im folgenden noch näher zu besprechenden künstlichen Bedingungen als Rot und Gelb erscheinen können, war längst bekannt, ohne daß sich hieraus direkte Folgerungen hinsichtlich der natürlichen Einordnung dieser Farben ergeben hätten.

Ob andererseits die hier gegebene, nur auf der natürlichen Erfahrung (im Gegensatz zur später zu besprechenden Farbenreizmetrik) beruhende Erklärung des Begriffs Vollfarbe schon in jeder Hinsicht befriedigend und eindeutig ist, muß hier zunächst dahingestellt bleiben; tatsächlich kann eine abschließende Beantwortung dieser Frage erst auf Grund der HELMHOLTZschen Analyse der Farbempfindung gegeben werden. OSTWALD selbst gibt eine spezielle Definition, wobei er *physikalische* Erfahrungen heranzieht. Es sei hier sogleich erwähnt, daß die Definition der Vollfarbe *nicht ohne jede Willkür* gegeben werden kann (man vgl. hierzu Abschnitt 4). Liegt aber eine *bestimmte*, etwa die (in Abschnitt 3 zu erörternde) OSTWALDsche Definition einmal vor, so vollzieht sich der weitere Aufbau der Farbensystematik willkürfrei. Mit diesem Vorbehalt gelten die folgenden weiteren *Grundsätze*:

4. Die Gesamtheit der Vollfarben läßt sich auf einem Kreise, dem Farbenkreis, stetig anordnen. Die Anordnung der Vollfarben auf dem Farbenkreis ist (bis auf den Unterschied von Rechtssinn und Linkssinn) zunächst eine nur topologisch eindeutige[1]). Geht man von einer bestimmten Farbe, etwa Gelb, aus, so folgen über alle Zwischentöne in stetiger, eindeutiger Folge die Hauptfarben Orange, Rot, Purpur, Ultramarin, Eisblau, Seegrün, Laubgrün bis wieder zu Gelb. OSTWALD ordnet darüber hinaus die Vollfarben der *einen* Hälfte des Farbenkreises, nämlich von Gelb über Rot zum Ultramarin, gewöhnlich so an, daß sie dem Auge als „gleichabständig" erscheinen. Dies setzt einen Schwellenwert für die Unterscheidung benachbarter, nach Farbton veränderlicher Farben voraus, wobei dann Paare von Farbtönen, zwischen denen je die gleiche Anzahl von Farbschwellen überschritten werden muß, als gleichabständig angesehen werden. Die Anordnung der Farbtöne auf der *anderen* Hälfte des Farbkreises, d. h. zwischen Ultramarin über Grün nach Gelb, ergibt sich daraufhin nach OSTWALD aus dem Prinzip der „Gegenfarbe": Zwei auf dem Farbkreis einander gegenüberliegende Farbtöne lassen sich zu einem farbindifferenten Grau (additiv) mischen. Paare derartig bestimmter Gegenfarben werden auch als „kompensativ", gewöhnlich weniger genau als „komplementär" bezeichnet[2]). — Man kann sich im übrigen, wie auch OSTWALD ausdrücklich hervorhebt, dem Eindruck nicht entziehen, daß die Empfindungsunterschiede bei den „kalten" Farbtönen der zweiten Farbkreishälfte, die nach dem Prinzip der Gegenfarben auf dem Farbenkreis angeordnet sind, besonders im Bereich des Blaugrünen erheblich geringer sind als in dem gegenüberliegenden Gebiet des Farbenkreises[3]).

Wir kommen nunmehr zu dem *Hauptsatz* der OSTWALDschen Farblehre, der die Basis seiner ganzen Farbensystematik abgibt:

5. Die allgemeinste Mischung ist die anteilige Mischung von Vollfarbe, Weiß und Schwarz; jede Pigmentfarbe läßt sich durch Angabe von Farbgehalt (zu bestimmtem Farbton), Weißgehalt und Schwarzgehalt eindeutig charakterisieren.

Die in diesem Hauptsatz zusammengefaßte Erfahrung ergab sich OSTWALD aus dem Studium der sog. „trüben Farben" (nach E. HERING spricht man synonym auch von „verhüllten" Farben). Wir haben bisher nur die Sonderfälle der hellklaren und dunkelklaren Farben ins Auge gefaßt. Die Mehrzahl der vorhandenen Körperfarben (Steine, Erde, Farben der meisten Pflanzen und Tiere) macht jedoch den Eindruck einer gewissen Trübe. Man kann derartige trübe Farben leicht systematisch mit dem Farbkreisel erzeugen, indem man anteilig eine Vollfarbe bestimmten Farbtons, die den Farbton auch der Mischfarbe bestimmt, mit Weiß und Schwarz zusammenmischt (Fig. 1). Somit gilt hier:

$$V + W + S = 1. \qquad (3)$$

Da eine bestimmte Mischung von Weiß und Schwarz einen bestimmten Grauton ergibt, so kann jede Körperfarbe auch als Mischung von Vollfarbe und einem bestimmten, durch das Verhältnis $W:S$ gekennzeichneten Grau aufgefaßt werden. Das „Enthaltensein" eines Anteils Grau in einer Farbe ist der Grund für

[1]) Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß der Farbenkreis zum ältesten Bestand einer jeden Farbenlehre gehört. Insbesondere haben PH. O. RUNGE und GOETHE Farbenkreise entwickelt.

[2]) Wir unterscheiden im folgenden das objektive Merkmal der Kompensativität eines Paares von Gegenfarben von dem nur psychologisch faßbaren Moment der Komplementarität. Als Kennzeichen der Komplementarität gilt gewöhnlich größtmögliche Unähnlichkeit der Farbtöne: Ein bestimmtes Rot kann als Orange eine Neigung nach Gelb oder als Purpur eine Neigung nach Blau besitzen (einen „Stich" ins Gelbe oder Blaue haben), aber niemals irgendeine Ähnlichkeit mit Grün aufweisen. Daher sind Rot und Grün komplementär, aber *nicht* kompensativ. Siehe hierzu auch Abschnitt 5.

[3]) Aus diesem Grunde gibt OSTWALD noch eine andere Anordnung der Vollfarben auf dem Farbenkreise an. Diese basiert auf dem „Prinzip der inneren Symmetrie": Mischt man zwei Vollfarben des Farbenkreises (oder „Verhüllungen" derselben mit *gleichem* Vollfarbenanteil, siehe die folgenden Ausführungen im Text) zu *gleichen* Anteilen, so soll der Farbton der Mischfarbe mit dem Farbton der auf dem Farbenkreis „in der Mitte" zwischen den Ausgangsfarben liegenden Vollfarbe übereinstimmen. Ob eine diesem Prinzip genügende Anordnung der OSTWALDschen Vollfarben auf einem Kreise überhaupt möglich ist, kann nur die experimentelle Erfahrung *oder* die reizmetrische Theorie (Abschnitt 3) zeigen. Beide ergeben übereinstimmend, daß das Prinzip der inneren Symmetrie nur näherungsweise durchführbar ist. Man vgl. hierzu M. RICHTER [24].

den Empfindungseindruck des Trüben. Daß man nach diesem Mischungsprinzip wirklich (wie OSTWALD behauptet) *alle* in der Natur vorkommenden (homogenen) Farbqualitäten erhalten kann, ist natürlich ein *Erfahrungssatz*, der entweder streng gültig ist oder gewisse Einschränkungen erfährt. Wir können die Antwort auf diese Frage erst später geben.

Aus dem Bisherigen ergibt sich die bekannte einfache und übersichtliche Anordnung aller durch Mischung mit Weiß und Schwarz entstehenden Abkömmlinge einer Vollfarbe: das sog. „farbtongleiche

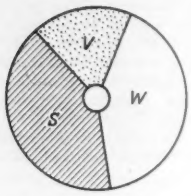


Fig. 1. Anteilige Mischung von Vollfarbe, Weiß und Schwarz mit dem Farbkreisel.

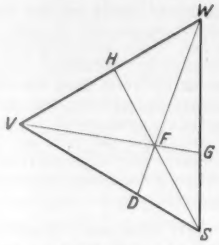


Fig. 2. Das farbtongleiche Dreieck. Zerlegung einer Farbe mit den „Gewichten" V, W und S auf verschiedene Weise.

Dreieck". Man wähle die Punkte V, W und S als Eckpunkte eines gleichseitigen Dreiecks (Fig. 2). Dann kann man den „Ort" einer bestimmten Farbe F durch die *Schwerpunktsregel* festlegen: F liege im Schwerpunkt der durch die „Gewichte" V, W und S in den gleichnamigen Dreieckspunkten gegebenen Verteilung. Die Dreieckseite WS enthält die Grautöne aller Mischungen von Weiß und Schwarz ($V = 0$), ebenso die Seite VW alle hellklaren Farben ($S = 0$) und die Seite VS alle dunkelklaren Farben ($W = 0$). Man sieht, daß jede Farbe F, die nicht einem dieser Spezialfälle unterzuordnen ist, sich sowohl als Mischung einer Vollfarbe V mit einem bestimmten Grauton G als auch als Mischung von Weiß mit einer bestimmten

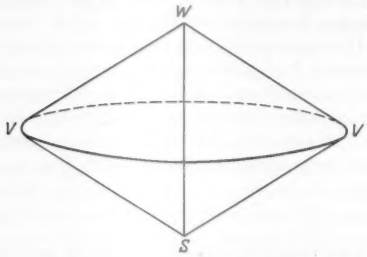


Fig. 3. Der OSTWALDsche Doppelkegel.

dunkelklaren Farbe D als auch schließlich als Mischung von Schwarz mit einer bestimmten hellklaren Farbe H darstellen läßt. Am übersichtlichsten ist aber die Angabe der Proportion $V:W:S$. Die Geraden $W = \text{const}$ (parallel VS) und $S = \text{const}$ (parallel VW) werden von OSTWALD als die „Weißgleichen" und „Schwarzgleichen" bezeichnet. Es sei im Hinblick auf weiteres noch erwähnt, daß die Schwerpunktsregel und alle Folgerungen aus ihr erhalten bleiben, wenn man das farbtongleiche Dreieck einer affinen Transformation unterwirft.

Von hier aus ist es leicht, zu einer Darstellung der Gesamtheit „aller" Farben im OSTWALDschen Sinne zu gelangen. Da der Farbenkreis die Vollfarben aller Farbtöne enthält, jedes farbtongleiche Dreieck aber sämtliche Abkömmlinge einer Vollfarbe, so ergibt sich eine Darstellung aller möglichen Farben, indem man die Gesamtheit farbtongleicher Dreiecke zu einem „Farbkörper" vereinigt. Dies geschieht am einfachsten, indem man die farbtongleichen Dreiecke von einer gemeinsamen Grauleiter aus fächerförmig ausbreitet, wobei dann die Vollfarben V wieder den Farbenkreis bilden. Auf diese Weise entsteht der OSTWALDsche *Doppelkegel* (Fig. 3): Über dem Farbenkreis der Vollfarben V erhebt sich nach oben und nach unten je ein einfacher Kegel mit den Spitzen in W und S. Die Fläche des oberen Kegels enthält die hellklaren, die des unteren Kegels die dunkelklaren Farben; die Achse des Doppelkegels wird von der Grauleiter gebildet. Die Gesamtheit möglicher Farben bildet somit eine *dreidimensionale Mannigfaltigkeit*, wie schon TOBIAS-MAYER und J. LAMBERT erkannt hatten[1]).

Bis zu diesem Punkte ist der Aufbau der OSTWALDschen Farbenlehre eine folgerichtige induktive Verallgemeinerung einfacher Grunderfahrungen, die Schritt für Schritt durch das Auge, den obersten Richter in allen Fragen der Farbenlehre, nachgeprüft werden können. Sie ist insoweit auch unanfechtbar, als sie sich ausschließlich auf die „natürliche" Erfahrung der Farbwahrnehmung und Farbenmischung stützt. Trotzdem traten auch hier schon Fragen auf, auf die wir zunächst noch keine definitive Antwort erhalten konnten. Wir formulieren diese Fragen nochmals in der ihnen angemessenen Strenge: Was sind Vollfarben? Lassen sich diese in eindeutiger Weise angeben? Was bedeutet „Enthaltensein" von Farbgehalt, Weiß und Schwarz in einer bestimmten Farbqualität? Ist diese Aussage „absolut" — wie sie von OSTWALD offenbar gemeint war — oder nur „relativ" zu verstehen? Umfaßt der OSTWALDsche Farbkegel wirklich die Gesamtheit *aller* möglichen Körperfarben?

Bevor wir die Antwort auf diese Fragen geben können (dies wird erst im Abschnitt 4 möglich sein), heben wir nochmals das Hauptverdienst der OSTWALDschen Farbenlehre hervor: In ihr ist die genaue Anpassung der Farbenlehre an die natürlichen Verhältnisse bei der Farbwahrnehmung *objektgebundener Farben* (Pigmentfarben) erstmalig systematisch vollzogen. Hierfür ist überaus charakteristisch die auf OSTWALD zurückgehende Unterscheidung „bezogener" und „unbezogener" Farben. Unter *bezogener Farbe* versteht OSTWALD den Farbeindruck, den ein Pigment unter den natürlichen Bedingungen von Beleuchtung (durch diffuses Tageslicht) und Umgebung (Beobachtung *ohne* Verwendung künstlicher Vorrichtungen wie Fernrohr, Dunkelröhre und ähnliches) hervorruft; nur auf *diese* bezieht sich seine Farbensystematik. Neben den bezogenen Farben gibt es aber noch eine besondere Gruppe von Farbwahrnehmungen — die *unbezogenen Farben* —, bei denen eine Bezugnahme auf die Beleuchtung und Umgebung *nicht* stattfindet, weil Anlässe hierfür nicht vorhanden sind oder weil diese Einflüsse für den Beobachter durch künstliche Mittel in Fortfall kommen. Betrachtet man beispielsweise eine homogen gefärbte Fläche durch eine Dunkelröhre, so wird man feststellen, daß bei dieser künstlichen Beobachtungsweise niemals graue oder trübe oder dunkelklare Farben auftreten, sondern nur hellklare Farben oder Weiß. Ein „unbezogenes" Braun oder Olivgrün oder Graurosa gibt es nicht. Das Bemerkenswerte bei diesen unbezogenen Farben ist somit die Reduktion ihrer Mannigfaltigkeit vom *Drei*dimensionalen aufs *Zwei*dimensionale. Ein Sonderfall liegt bei der Farbe *Schwarz* vor. Sie existiert *nur* als bezogene Farbe und bedeutet hier eigentlich nur Kleinheit der Rückwerfung des Lichtes (weswegen man entsprechend der graduellen Verschiedenheit dieser geringen Remission anschaulich von „Tiefen" des Schwarz spricht); als unbezogene Farbe existiert Schwarz überhaupt nicht (ihr entspricht nur die Abwesenheit von Licht, aber eben keine positiv angebbare Qualität). Die Farbenpsychologie, deren Entwicklung

[1]) Es sei übrigens erwähnt, daß der Maler PH. O. RUNGE in seiner „Farbkugel" eine Anordnung der hellklaren und dunkelklaren Farben gefunden hatte, die als Vorstufe des OSTWALDschen Doppelkegels anzusehen ist.

man vor allem der Pionierarbeit von E. HERING verdankt, kennt andererseits eine Fülle interessanter Beispiele, die zeigen, wie beim Wechsel der Beleuchtung, sowohl nach Intensität als auch nach Qualität, etwa beim Übergang von Tageslicht zu Lampenlicht, eine Umdeutung („Umstimmung") objektiv vorhandener Farbreize auf das Auge stattfindet: derart, daß dabei der Farbeindruck von Pigmenten weitgehend gewahrt bleibt. In der OSTWALDschen Systematik der bezogenen Farben werden diese Verhältnisse dahin idealisiert, daß eine Art Normalbeleuchtung wie das diffuse Tageslicht (bei hochstehender Sonne) vorausgesetzt wird[1]).

2. Der „physikalische Teil" der OSTWALDschen Farbenlehre.

OSTWALD hat seiner Farblehre einen umfangreichen physikalischen Teil[2]) hinzugefügt, in dem er die oben dargestellten Ergebnisse physikalisch tiefer zu unterbauen versucht hat. Man mag die Notwendigkeit einer solchen Ergänzung vielleicht in Zweifel ziehen, da ja die natürliche Erfahrung, welche allein schon zu einer Farbensystematik führt, sich selbst trägt. Andererseits besitzt aber jede Farbenlehre — vielleicht mit Ausnahme der GOETHEschen — auch einen physikalischen Horizont. Für den Theoretiker der Farbe gibt die OSTWALDsche Problemstellung — von ihrem Autor als solche freilich wohl nicht genügend scharf herausgearbeitet — Anlaß zu besonders interessanten Fragestellungen. Die Behandlung dieses Problems ist Gegenstand der Untersuchungen von LUTHER [*19*] und von NYBERG [*20*] geworden.

OSTWALD wendet sich zunächst der Frage zu, wie die *Vollfarbe* physikalisch zu definieren sei.

Das Zustandekommen eines jeden Farbeindrucks ist physikalisch als die Wirkung eines spektralen Lichtgemischs auf die lebendige Substanz der Retina des Auges anzusehen. Dies gilt sowohl für die Wirkung des von einer Lichtquelle direkt auf das Auge einwirkenden, im allgemeinen farbigen Lichtes als auch des diffus von einer Körperoberfläche zurückgestreuten und in seiner spektralen Zusammensetzung veränderten Lichtgemenges. Die möglichen spektralen Verteilungen liegen zwischen den Extremfällen der homogenen Lichter bestimmter Wellenlänge und des alle Wellenlängen enthaltenden „weißen" (farblosen) Lichtes. Es ist nun zunächst eine einfache, durch das Spektroskop zu gewinnende Erfahrungstatsache, daß die Körperfarben von ausgesprochenem Farbcharakter, d.h. von großer Reinheit (Sättigung) und Leuchtkraft, in der Remission ausnahmslos breite zusammenhängende Spektralgebiete aufweisen, während der Rest des Spektrums nahezu oder vollständig verschluckt wird. Beispielsweise besitzt das rein gelbe Pigment (etwa Cadmiumgelb) ein Remissionsgebiet, das vom roten Spektralende über Orange, Gelb und Grün bis zum Blaugrün reicht. Es ist daher ein durch die Erfahrung nahe gelegter Gedanke, die Vollfarbe durch ein zusammenhängendes, etwa die „Hälfte" des Spektrums einnehmendes Spektralgebiet zu definieren, dessen „Schwerpunkt" den Farbton bestimmt. OSTWALD bezeichnet ein derartiges Spektralgebiet bzw. die ihr korrespondierende Vollfarbe als ein *Farbenhalb*. Es bleibt dann nur übrig, das Farbenhalb derart zu bemessen, daß die durch dieses bestimmte Vollfarbe scharf definiert wird.

Die Art, wie dies nach OSTWALD geschehen kann, wird am einfachsten durch Fig. 4 erläutert. In diesem Schema sind acht Vollfarben, die etwa gleichabständig auf dem Farbenkreis angeordnet sind, dargestellt[3]). Es ist aus der Figur zu entnehmen, daß sich hierbei *vier Typen* von Pigmenten ergeben, die man mit SCHRÖDINGER anschaulich als „Langendpigment" (Gelb, Orange), „Mittelfehlpigment" (Rot, Purpur), „Kurzendpigment" (Ultramarin, Eisblau), „Mittelpigment" (Seegrün, Laubgrün) bezeichnen kann. Bei kontinuierlicher einsinniger Verschiebung der Grenzen von Remission und Absorption wird hierbei der *ganze* Farbenkreis durchwandert und damit auch — durch die Purpurtöne (Mittelfehlpigmente) — die

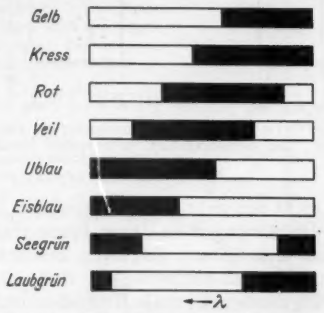


Fig. 4. OSTWALDsches Schema für acht Vollfarben. Die vier Typen: Langendpigment (Gelb, Orange), Mittelfehlpigment (Rot, Purpur, Kurzendpigment (Ultramarin, Eisblau), Mittelpigment (Seegrün, Laubgrün). (Remissionsgebiet weiß, Absorptionsgebiet schwarz; die Farbbenennungen in der Figur original nach OSTWALD).

„spektrale Lücke" des homogenen Spektrums überbrückt. Sind im Spektrum zwei Remissions- oder Absorptionsgebiete vorhanden (wie bei den Mittel- und Mittelfehlpigmenten), so sind die Grenzen zwischen Remissions- und Absorptionsgebieten nach OSTWALD *kompensativ* zu wählen. Hierin liegt zweifellos eine Willkür, doch hat sich dieses Vorgehen erfahrungsmäßig gut bewährt und die erforderliche strenge Determination des „Farbenhalbs" ermöglicht. Als ein weiterer Vorteil des Farbenhalbs kommt hinzu, daß zu jeder Vollfarbe eine genau kompensative Gegenfarbe auftritt, die miteinander zu gleichen Anteilen additiv gemischt neutrales Grau ergeben[4]).

Die OSTWALDsche Festlegung der Vollfarbe entspricht natürlich *idealen* Verhältnissen, wie sie bei realen Körperfarben nur angenähert verwirklicht sein können. Wie läßt sich nun bei einem *realen* Remissionsverlauf — dargestellt durch eine Funktion $r(\lambda)$ der Wellenlänge, welche das Verhältnis von auffallender zu remittierter Energie an der betreffenden Spektralstelle angibt — der Gehalt des Pigments an Vollfarbe, Weiß und Schwarz angeben?

Um diese für die Durchführbarkeit der OSTWALDschen Farbensystematik *entscheidende* Frage beantworten zu können, fragen wir zunächst, wie das aus „idealer" Vollfarbe, reinem Weiß und reinem Schwarz (etwa mittels des Farbkreisels) ermischte „ideale" Remissionsspektrum aussehen müßte. Man erhält, wie

[1]) Wir werden im folgenden auf die etwas heikle Frage der Umstimmung der Farbwahrnehmung bei merklich veränderter Beleuchtung nicht weiter einzugehen brauchen.

[2]) Siehe W. OSTWALDS Schriften zur Farbenlehre, insbesondere [*1*], [*2*], [*6*] bis [*9*]. Derjenige Teil seiner Farbenlehre, der sich auf die natürliche Erfahrung stützt, wird von OSTWALD im Gegensatz zu „physikalisch" als „mathetisch" (nicht mathematisch!) bezeichnet.

[3]) Farben dieser Art werden auch als „Optimalfarben" bezeichnet. Für die *Optimalfarbe* ist kennzeichnend, daß die Remission entweder den Wert 0 oder 1 besitzt und im Spektrum höchstens zwei Unstetigkeitsstellen auftreten. OSTWALDS Farbenhalb ist demnach eine speziell gewählte Optimalfarbe.

[4]) Der besonders von Malern gegen den OSTWALDschen Farbtonkreis häufig erhobene Einwand, daß dieser nur „grelle" Farben enthalte und daher nicht den Bedürfnissen der Praxis entspreche, ist völlig haltlos. Maßgebend ist nur, daß den Abkömmlingen der Vollfarben (den „verhüllten" Farben) eine praktische Bedeutung zukommt. Die Zahl dieser Abkömmlinge ist aber um so größer, je extremer die Bedingungen des Farbtonkreises der Vollfarben gewählt sind.

man sich leicht überlegt, einen Streckenzug, wie er durch Fig. 5 (für ein Mittelpigment) dargestellt ist und an dem man in der bezeichneten Weise Farbgehalt, Weiß- und Schwarzgehalt ablesen kann. (Wieder ist $V + W + S = 1$.) Demgegenüber hat das reale Remissionsspektrum für ein in der Natur wirklich vorkommendes Pigment eine wesentlich andere Gestalt (Fig. 6). Es liegt natürlich zunächst gar kein Grund dafür vor, daß die realen Remissionskurven mit den idealen irgend eine Ähnlichkeit haben. An *diesem* Punkt hat die Kritik der Physiker an der OSTWALDschen Farblehre eingesetzt. Leider hat OSTWALD

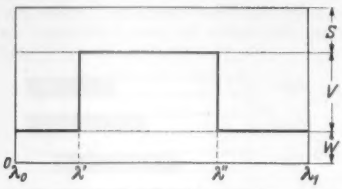


Fig. 5. Ideales OSTWALDsches Remissionsspektrum, aus dem Farbgehalt, Weiß- und Schwarzgehalt entnommen werden können ($V + W + S = 1$).

selbst hier nicht den richtigen Weg gewiesen, und seine speziellen Ausführungen zu dieser Frage sind unvollständig und anfechtbar. OSTWALD beschränkt sich darauf, experimentell nachzuweisen, daß sich für eine Reihe von Pigmenten der reale Remissionsverlauf dem idealen einigermaßen anpaßt, so daß es dann approximativ erlaubt ist, den Weißgehalt des Pigments aus

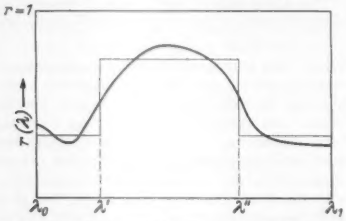


Fig. 6. Reales Remissionsspektrum. Das eingezeichnete ideale Remissionsspektrum ist „metamer" zu dem realen.

dem Minimum und den Schwarzgehalt aus dem Maximum der Remissionskurve zu ermitteln (der Verlauf der Remissionskurve kann experimentell photometrisch oder durch Filterversuche bestimmt werden). Hierdurch entsteht aber nur ein sehr unbestimmter Eindruck von der Verläßlichkeit des Verfahrens, und es scheint überhaupt der Wert der OSTWALDschen Farbensystematik damit in Frage gestellt.

Um diesen naheliegenden Einwänden gegenüber die Legitimität der OSTWALDschen Systematik zu erweisen, wird man von der Tatsache der „Metamerie" der Farbe auszugehen haben. Bekanntlich kann der Farbeindruck zweier *ganz verschiedener* spektraler Gemische *genau derselbe* sein (zwei Lichtgemenge, die denselben Farbeindruck hervorrufen, heißen „metamer"). Es kommt nun offenbar alles darauf an, nachzuweisen, *daß sich jede reale Remissionskurve in ein* OSTWALD*sches ideales Remissionsspektrum metamer, d.h. unter Wahrung des Farbeindrucks, transformieren läßt* (siehe auch Fig. 6). Ist dieser Nachweis erbracht — wir werden den in Frage stehenden Beweis in Abschnitt 4 im Anschluß an die YOUNG-HELMHOLTZsche Dreikomponententheorie der Farbwahrnehmung skizzieren —, so ist damit die zentrale Schwierigkeit, die der OSTWALDschen Farbensystematik entgegensteht, aus dem Wege geräumt. An dieser Stelle ist ein Zurückgreifen auf die von OSTWALD als „irrtümlich" bekämpfte Dreikomponententheorie unerläßlich. Mit dem erforderlichen Nachweis steht und fällt allerdings die OSTWALDsche Farblehre!

3. *Die* YOUNG-HELMHOLTZ*sche Dreikomponententheorie der Farbwahrnehmung.*

Bei der Erörterung der YOUNG-HELMHOLTZschen Dreikomponententheorie können wir uns kürzer fassen, da die Grundzüge dieser Lehre im allgemeinen als bekannt vorausgesetzt werden dürfen. Um so wichtiger ist es, den Unterschied in der Problemstellung gegenüber der OSTWALDschen Farblehre zu Bewußtsein zu bringen. In dieser wird, wie wir sahen, „Farbe" als *objektgebunden* aufgefaßt. Demgegenüber handelt es sich in der HELMHOLTZschen Theorie der Farbwahrnehmung um ein Grundproblem der Sinnesphysiologie: um das Verhältnis von *Reiz* und *Empfindung*. Die Frage nach dem die Farbwahrnehmung verursachenden Sinnesreiz sensibler Nervenzellen tritt andererseits bei OSTWALD überhaupt nicht auf.

In etwas anderer Hinsicht können wir den Unterschied zwischen der OSTWALDschen und der HELMHOLTZschen Farbauffassung auch dahin charakterisieren, daß es sich in der ersteren durchweg um *bezogene* Farben handelt, in der letzteren aber um *unbezogene* (s. Abschnitt 1). Dem entspricht es, daß beim Aufbau der OSTWALDschen Lehre dem Farbkreisel prinzipiell dieselbe Bedeutung zukommt wie dem (viel komplizierteren) HELMHOLTZschen Farbmischapparat bei der Dreikomponententheorie. Beispielsweise kann man mit dem Farbkreisel niemals reines Weiß ermischen, sondern nur Grau (Einwand GOETHEs gegen NEWTON), was andererseits mit dem auf der additiven Farbmischung von *Lichtern* beruhenden Farbmischapparat ohne weiteres möglich ist. Der Farbkreisel ist im Gegensatz zum HELMHOLTZschen Farbmischapparat ein den natürlichen Gegebenheiten bei Pigmentfarben so weitgehend angepaßtes und zugleich einfaches experimentelles Hilfsmittel, daß die mit ihm gewonnenen Ergebnisse ohne Bedenken der „natürlichen" Erfahrung zugewiesen werden können. (Es ist hierbei nicht ohne Interesse, festzustellen, daß die Einwände OSTWALDs gegen HELMHOLTZ und seine Schule ganz ähnlicher Art sind wie diejenigen GOETHEs gegen NEWTON.)

Wir erläutern jetzt den entscheidenden Unterschied an dem folgenden, für das Weitere richtunggebenden Beispiel. Wir stellen uns eine bestimmte, einer Körperoberfläche zukommende Farbqualität vor, etwa die hellgrüne Farbe eines Blattes. Für OSTWALD (und ebenso HERING) ist — von extremer Veränderung in der Beleuchtung abgesehen und unter Voraussetzung des normalen Tagessehens — die Farbe „hellgrün" als Eigenschaft des Blattes *unabhängig* von den Zufälligkeiten der Beleuchtung stets *dieselbe*, also unabhängig etwa davon, ob die Blattfläche bei gedämpftem diffusen Tageslicht oder in hellem Sonnenlicht wahrgenommen wird. In scharfem Gegensatz hierzu bedeutet für die HELMHOLTZsche Analyse der Gesichtsempfindungen der Unterschied in der *Reiz-*

stärke, mit der die licht- und farbempfindlichen Zellen der Retina erregt werden, einen *wesentlichen* Unterschied. Das subjektive Maß für die Reizstärke ist die *Helligkeit*. Somit ist für HELMHOLTZ Helligkeit ein wesentliches Bestimmungsstück für einen farbigen oder auch farblosen (richtiger „farbtonlosen") Gesichtseindruck. Das objektive Maß für die Reizintensität aber ist die pro Flächeneinheit und Zeiteinheit von der beleuchteten Fläche zurückgeworfene *Energie*. Es ist ein durch die Sinnesphysiologie aufgeworfenes Problem, wie sich Reizstärke (Energie/sec cm²) zur Empfindung verhält: diese Frage wird innerhalb eines weiten Reizgebietes durch das FECHNER-WEBERsche Gesetz beantwortet (auf dessen Erörterung wir hier nicht weiter einzugehen brauchen). Dagegen ist es wichtig, welche weiteren Bestimmungsstücke zur Helligkeit hinzutreten müssen, damit eine Gesichtsempfindung bestimmter „Reizart" (v. KRIES) eindeutig festgelegt wird. Nach HELMHOLTZ sind dies die Merkmale *Farbton* und *Sättigung* (oder *Reinheit*), die wir schon oben qualitativ erläutert haben. Demgemäß wird ein bestimmter Farbreiz durch die „Koordinaten" Farbton, Sättigung und Helligkeit bestimmt (HELMHOLTZ-Koordinaten). Die Mannigfaltigkeit möglicher Farbreize ist also — übereinstimmend mit der Mannigfaltigkeit möglicher objektgebundener bezogener Farben — *dreidimensional*, ihr Darstellungsraum ein dreidimensionaler Raum — gewöhnlich schlechthin „Farbenraum" genannt.

Welche „Struktur" der Farbenraum besitzt, hängt natürlich davon ab, welche besonderen Eigenschaften der Farbe ins Auge gefaßt werden. Soweit es sich um die sog. „niedrige Farbenmetrik" (SCHRÖDINGER) handelt, stehen hierbei die Gesetze der additiven Mischung von Lichtarten im Vordergrund. Diese lassen sich dahin zusammenfassen, daß 1. der Farbenraum ein *affiner dreidimensionaler Raum ist*, in dem jeder homogenen Gesichtsempfindung eindeutig ein Punkt bzw. ein Vektor (vom Ursprung, dem Punkt der Lichtlosigkeit, aus) zugeordnet ist, und daß 2. additive Mischung farbiger Lichtarten durch die einfache Operation der Vektoraddition (Parallelogrammkonstruktion) dargestellt wird. In diesen beiden Aussagen sind insbesondere die berühmten GRASSMANN*schen Gesetze* über die Mischung von farbigen und farblosen Lichtarten enthalten: Gleich aussehende Lichter gemischt ergeben gleich aussehende Lichter; werden drei geeignete Lichtarten in einem bestimmten Verhältnis miteinander gemischt, so kann — innerhalb eines durch diese Lichtarten bestimmten Bereiches stetig ineinander übergehender Farbempfindungen — *jede beliebige* Farbempfindung nachgebildet werden; von vier Lichtarten ist wenigstens eine aus den anderen drei additiv ermischbar (Dimensionsaxiom). Diese Gesetze nehmen für einen weiten Bereich der Farbempfindung des helladaptierten farbentüchtigen Auges den Rang streng gültiger Naturgesetze ein.

Es war ein für den weiteren Ausbau der Theorie durch HELMHOLTZ, ARTHUR KÖNIG u. a. bedeutsamer, wenngleich hypothetischer Schritt, wenn HELMHOLTZ im Anschluß an eine schon von THOMAS YOUNG 1801 geäußerte Vermutung den drei empfindungsbestimmenden Merkmalen der Farbe *drei Grundprozesse* in der Retina des helladaptierten Auges entsprechen ließ, nämlich einen *Rot-, Grün- und Blauprozeß*. Gemäß dieser Vorstellung bewirkt jeder Lichtreiz automatisch die Auslösung dreier unabhängig voneinander verlaufender Prozesse in den für das Tageslicht empfindlichen Nervenzellen der Retina (in den Zäpfchen, während das Dämmerungssehen nach der heute auch sinnesphysiologisch bestätigten Duplizitätstheorie von v. KRIES durch die Stäbchen zustande kommt); ihre Koexistenz entspricht jetzt eindeutig einer bestimmten Lichtempfindung. Dieses physiologische Modell ermöglicht sofort eine einfache Deutung der GRASSMANNschen Gesetze: der Lichtreiz wird automatisch in die drei Komponenten der Reizstärke für eine Rot-, Grün- und Blauerregung zerlegt.

In mathematischer Formulierung: Der Farbenraum wird durch drei Einheitsvektoren $\vec{R}$, $\vec{G}$, $\vec{B}$ aufgespannt; seien x, y, z die Reizstärken der drei Grunderregungen für Rot, Grün und Blau (die „trichromatischen Koordinaten"), so kann jeder (im allgemeinen farbigen) Lichtempfindung F eindeutig der Vektor

$$\vec{F} = x\vec{R} + y\vec{G} + z\vec{B} \qquad (4)$$

zugeordnet werden. Additive Mischung zweier beliebiger spektraler Lichtgemische mit den Reizstärken x_1, y_1, z_1 und x_2, y_2, z_2 ergibt somit eine Lichtempfindung, der ein abbildender Vektor

$$\left.\begin{aligned}\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_2} = (x_1 + x_2)\vec{R} + \\ + (y_1 + y_2)\vec{G} + (z_1 + z_2)\vec{B}.\end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

entspricht. Was über die aus der Erfahrung abgeleiteten GRASSMANNschen Gesetze hinausgeht und somit hypothetisch ist, ist allein die Auszeichnung der Grundvektoren $\vec{R}$, $\vec{G}$, $\vec{B}$ des Farbenraumes als „absoluten", wovon die GRASSMANNschen Gesetze als solche nichts wissen. Indessen wird die Hypothese der Grundprozesse durch Untersuchungen über die Anomalien des Farbensehens (Dichromasien) bestens — und zwar nach A. KÖNIG, DIETERICI u. a. quantitativ — bestätigt, Ergebnisse, welche ohne die YOUNG-HELMHOLTZsche Annahme kaum verständlich wären. Daß diese Annahme neuerdings in dem Nachweis selektiv farbreagierender Substanzen in den Nervenzellen der Retina durch v. STUDNITZ eine weitere wichtige empirische Stütze erfahren hat, läßt die YOUNG-HELMHOLTZ-Theorie auch von chemisch-physiologischer Seite als wohlbegründet erscheinen.

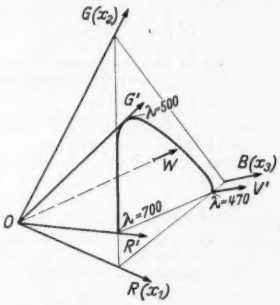


Fig. 7. Farbenraum (x_1, x_2, x_3 positiv), von einer Ebene geschnitten. In dieser ist der Spektrallinienzug eingezeichnet. Die Projektion des Spektrallinienzuges und der Purpurgeraden (zwischen R' und V') von 0 aus ergibt die „Farbtüte", welche sämtliche realen Lichtempfindungen enthält.

Zur Verdeutlichung der Gesetzmäßigkeiten der Farbenmannigfaltigkeit hat schon J. C. MAXWELL die Farbtafel bzw. das *Farbendreieck* eingeführt. Man betrachte im Farbenraum eine Ebene, die in den Richtungen der Grundvektoren vom Nullpunkt $x_1 = x_2 = x_3 = 0$ aus beliebige positive Strecken abschneidet; dann sind die Koordinaten x_2, x_2, x_3 die projektiven oder Dreieckskoordinaten des eine Farbe bestimmter Reizart darstellenden Punktes der Ebene, deren Gesamtheit innerhalb eines Dreiecks (des Farbendreiecks) liegt (Fig. 7). Während nun die projektiven Dreieckskoordinaten nur als Verhältniszahlen $x_1 : x_2 : x_3$ Bedeutung haben, besitzen die Reizwerte x_1, x_2, x_3 noch die absolute Bedeutung, daß die „Farbsumme" $x_1 + x_2 + x_3$ das Gewicht angibt, das einem Farbenpunkt zuzuteilen ist, um das Ergebnis der Farbenmischung zweier Lichtarten nach der Schwerpunktsregel (NEWTON) voraussagen zu können. Üblicherweise werden die Farbreize so geeicht, daß der Weißpunkt in den Schwerpunkt des Farbendreiecks fällt. Man kann nachträglich (durch affine Transformation) das Farbendreieck gleichseitig machen, wobei der Weißpunkt dann in den Mittelpunkt des Dreiecks zu liegen kommt und die trichromatischen Koordinaten $x_1 = x_2 = x_3 = 1$ besitzt (Eichung nach A. KÖNIG; MAXWELLsches Farbendreieck). — HELMHOLTZ gibt die folgende strenge Fassung des Begriffs „Sättigung": Er versteht darunter für die Farbe F das Verhältnis von „reiner Farbe $(x_1 - x_2) + (x_1 - x_3)$ zur Farbsumme $x_1 + x_2 + x_3$ (wobei $x_1 > x_2$, x_3 angenommen ist). Demgemäß ist auch für homogene Spektralfarben der Sättigungswert im allgemeinen < 1.

Eine prinzipiell bedeutungsvolle Frage taucht hier auf: Erfüllen die „realen", in der Natur auftretenden, von einem farbentüchtigen Auge wahrgenommenen Farbqualitäten das ganze Innere des Farbendreiecks oder nur einen Teil desselben? Die Beantwortung der Frage ergibt sich aus der Anordnung der reinen *Spektralfarben* auf der Farbtafel. Sorgfältige Untersuchungen (zuerst von

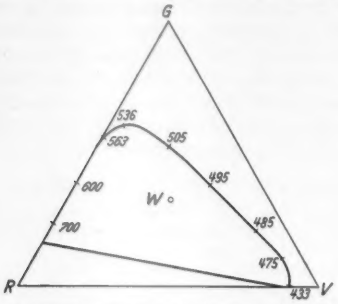


Fig. 8. MAXWELLsches Farbendreieck mit eingezeichnetem Spektrallinienzug und der Purpurgeraden.

A. KÖNIG durchgeführt) ergaben aus den Mischungsgesetzen die Gestalt des Spektralfarbenzuges im Farbendreieck (Fig. 8): Dieser schließt sich von Rot über Orange, Gelb bis Gelbgrün zunächst

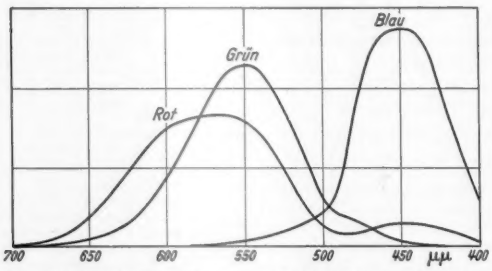


Fig. 9. Die Grunderregungskurven $R(\lambda)$, $G(\lambda)$, $B(\lambda)$ nach A. KÖNIG.

der Geraden RG ziemlich eng an, um dann, bei Grün und Blaugrün umbiegend und ohne die Gerade GB zu erreichen, über Blau bei Violett an einer Stelle nahe der Geraden BR zu enden. Die durch Mischung aus den Spektralfarben hervorgehenden realen Farben liegen somit sämtlich innerhalb der durch den Spektralfarbenzug und die „Purpurgerade" (zwischen den spektralen Enden) gegebenen Begrenzung, da ja jedes Lichtgemisch als ein Aggregat von reinen Spektralfarben aufgefaßt werden kann. Verbindet man, zum dreidimensionalen Farbenraum zurückkehrend, die Punkte der Randkurve der realen Farben in der Farbtafel mit dem Nullpunkt (Punkt der Lichtlosigkeit $x_1 = x_2 = x_3 = 0$), so entsteht eine Art „Farbtüte", innerhalb deren nun *sämtliche* Lichtempfindungen hervorrufenden Farbreize ihren Ort haben (Fig. 7). Diese Konstruktion wird sich im folgenden Abschnitt als nützlich erweisen.

Wir erwähnen noch, um die eindeutige Bestimmtheit der vorangehenden Entwicklungen zu betonen, daß die Helligkeit H einer Gesichtsempfindung nach eingehenden Untersuchungen von F. EXNER durch eine linear-homogene Funktion der (KÖNIGschen) Grunderregungswerte x_1, x_2, x_3 gegeben wird:

$$H = \alpha x_1 + \beta x_2 + \gamma x_3, \tag{6}$$

mit den Koeffizienten

$$\alpha = 1, \quad \beta = 0{,}756, \quad \gamma = 0{,}024 \tag{6a}$$

($\alpha = 1$ ist willkürliche Festsetzung). Daß der Zahlenwert γ für die Blauempfindung gegenüber α und β sehr klein ist, bringt zum Ausdruck, daß, obwohl der Blauerregung ein erheblicher Einfluß auf die Farbqualität zukommt, diese doch nur einen sehr geringen Beitrag zur Helligkeit liefert. Seien ferner $R(\lambda)$, $G(\lambda)$ und $B(\lambda)$ die Grunderregungen für Rot, Grün und Blau für normales Tagessehen als Funktion der Wellenlänge λ und sei der Verlauf der spektralen Zusammensetzung einer Lichtart durch $f(\lambda)$ gegeben, so werden die Grundreize durch

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= \int f(\lambda)\, R(\lambda)\, d\lambda \\ x_2 &= \int f(\lambda)\, G(\lambda)\, d\lambda \\ x_3 &= \int f(\lambda)\, B(\lambda)\, d\lambda \end{aligned}\right\} \tag{7}$$

bestimmt. Die Grunderregungskurven $R(\lambda)$, $G(\lambda)$, $B(\lambda)$ sind in Fig. 9 dargestellt. Ist ihr Verlauf einmal ermittelt, so lassen sich alle reizmetrischen Fragen eindeutig beantworten. Für ein Pigment kann $f(\lambda)$ gleich dem Remissionsverlauf $r(\lambda)$ ersetzt werden.

Die YOUNG-HELMHOLTZsche Theorie der Farbwahrnehmung ist somit eine in sich konsequent durchgebildete Lehre der die Gesichtsempfindungen auslösenden *Reize*. Auch wenn sich bisher ein physiologisches Korrelat zu den angenommenen drei Grundprozessen noch nicht zweifelsfrei ausfindig machen ließ — denn auch die VON STUDNITZsche Entdeckung spezifisch farbreagierender Sehsubstanzen [*23*] ist erst ein Hinweis, noch keine vollständige Bestätigung der YOUNG-HELMHOLTZschen Grundprozesse —, so kann sich die Theorie doch auf strenge Gesetzmäßigkeiten der Farbwahrnehmung stützen. Aber sie ist, woran die Kritik von HERING und OSTWALD ansetzt, zunächst nicht auf die *psychologisch* entscheidenden Momente der Farbwahrnehmung gerichtet. Sie bedarf daher als „Farbenlehre" notwendiger Ergänzungen, wie sie gerade die Untersuchungen von HERING und OSTWALD gebracht haben.

(Schluß folgt.)

Kurze Originalmitteilungen.

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich.

Zur Sichtbarmachung magnetischer Felder.

Zuschrift zu dem Aufsatz von HANS KÖNIG[1]).

Aus Anlaß der oben genannten Arbeit erlaube ich mir, darauf aufmerksam zu machen, daß die durch die Fig. 21 des Aufsatzes charakterisierte Methode zur räumlichen Sichtbarmachung von Magnetfeldlinien von mir bereits 1947 realisiert und zum „Punktkathodenrohr" weiter entwickelt wurde. Leider gestatteten besondere Umstände eine Veröffentlichung dieser Arbeiten erst im Jahre 1953[2]). Das Verhältnis von Leuchtspurlänge zu Leuchtspurdurchmesser betrug bei den damaligen Versuchen 300:1, so daß die Wendelstrahlgasentladung nicht nur zur Sichtbarmachung, sondern, was wichtiger ist, zur Ausmessung der Magnetfeldlinien in Streufeldern benutzt werden konnte. In der Variante mit entladungsgeheizter Oxyd-Spitzkathode bleibt der Wendelstrahlentladungsdurchmesser infolge der geringeren Quergeschwindigkeiten der die Magnetfeldlinie umschlingenden Elektronen auch noch in Magnetfeldern von nur einigen 100 Oe Stärke in der Größe von etwa 1 mm, also genügend klein.

Die Darstellung in inhomogenen Magnetfeldern erfolgt durch Serienaufnahme des Leuchtfadens im verdunkelten Raum bei Verschiebung des Punktkathodenrohres von Belichtung zu Belichtung um den gleichen Betrag. (Stereo-Aufnahme und Verschiebung des Punktkathodenrohres auf hintereinander liegende Zeilen.)

Suchumi, U.d.S.S.R. Postfach 3122.

MANFRED VON ARDENNE.

Eingegangen am 27. September 1954.

[1]) KÖNIG, H.: Naturwiss. **41**, 341 (1954).

[2]) ARDENNE, M. v.: Das Punktkathodenrohr, ein Gasentladungsrohr zur räumlichen Sichtbarmachung von Magnetfeldlinien. J. exp. teoret. Fis. **25**, 749 (1953).

Lokalisation von Teilchen im stehenden Ultraschallfeld.

Ein bekanntes mechanisches Verfahren zur Sichtbarmachung stehender Ultraschallwellen in Flüssigkeiten beruht auf der Einstellung kleiner, in das Feld gebrachter Teilchen in den Knoten oder Bäuchen der stehenden Welle. Auch die vom Ultraschall selbst erzeugten Luftbläschen vermitteln auf diese Weise ein Bild der Welle. Diese Erscheinungen wurden von verschiedenen Autoren beschrieben [BOYLE, LEHMANN,

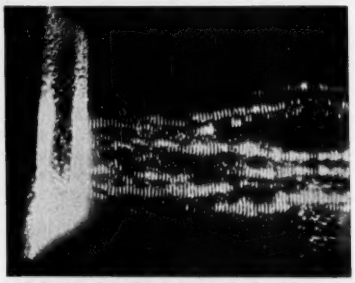


Fig. 1. Weizenstärketeilchen im stehenden Ultraschallfeld („Etagenbildung").

SÖRENSEN, DOGNON und BIANCANI, SÖLLNER[1]), HAUER und KECK[2]) u. a.].

Bei der Beobachtung der Einstellung solcher Teilchen im Schallfeld fanden wir nun, daß außer der Einordnung nach Knoten und Bäuchen auch noch eine andere besteht, nämlich in Streifen senkrecht zu den Knotenebenen (Fig. 1). Das

Fig. 2. „Etagen" bei Luftbläschen im stehenden Ultraschallfeld.

Ultraschallfeld wurde mit einem normalen Ultraschalltherapiegerät (Frequenz 1000 kHz, Schallintensität 2 W/cm²) in einem mit Wasser gefüllten Glastrog erzeugt. Die abstrahlende Fläche des Schallkopfes und die ihr im Abstand von einigen Zentimetern gegenüberstehende reflektierende Glasplatte standen senkrecht zur Wasseroberfläche. Bringt man in das stehende Ultraschallfeld ein Pulver ein, indem man es entweder in feiner Verteilung auf die Oberfläche streut oder, in Wasser suspendiert, in das Feld tropft, so sinken, wie bekannt, die Teilchen in Ebenen parallel zu Schallkopf und Reflektor. Wir beobachteten jedoch ferner, daß die eingebrachten Teilchen, z. B. Weizenstärketeilchen, nicht gleichmäßig zu Boden sinken, sondern mitunter plötzlich daran gehindert und in bestimmten Höhen festgehalten werden. Sie ordnen sich dadurch in mehr oder weniger regelmäßigen horizontalen Streifen, „Etagen" an. Fig. 1 zeigt eine derartige „Etagenbildung" von Weizenstärketeilchen zwischen Schallkopf und Reflektor in direkter Aufnahme. Auch die beim Schalldurchgang in Wasser erzeugten Luftblasen werden plötzlich am Aufsteigen verhindert und bilden, indem sie festgehalten werden, „Etagen" (Fig. 2).

Da nicht einzusehen ist, welche Kräfte in einem homogenen Feld diesen Vorgang bewirken könnten, suchten wir die Ursache in Inhomogenitäten des Feldes. Dazu beobachteten wir die Teilchen im Schlierenbild der stehenden Welle. Es wurde auf dem Schirm S der in Fig. 3 dargestellten Schlierenanordnung gleichzeitig das Schlierenbild der stehenden Ultraschallwelle und das Bild der eingebrachten Teilchen entworfen. Es ließen sich nun Inhomogenitäten als Schlieren im Schallfeld erkennen, und ihre Anordnung entspricht im wesentlichen der der „Etagen". Fig. 4 zeigt Weizenstärketeilchen im Schlierenbild. Der Zusammenhang zwischen Etagen und Schlieren wurde jedoch am deutlichsten bei Intensitätsänderungen des Feldes sichtbar; bei solchen verlagern sich nämlich die Orte der Schlieren, und die „Etagen" machen diese Verlagerung mit.

Zur weiteren Klärung wurden Versuche mit verschiedenartigen Teilchen durchgeführt (grobes Eisenfeilicht, verschiedene Pulver, Wassertröpfchen in Öl, Hg-Tröpfchen u. a.). Dabei zeigte sich, daß die „Etagenbildung" erst bei verhältnismäßig großen Teilchen (in der Größenordnung von $\lambda/4$) oder bei Pulvern, die durch Koagulation größere Teilchen bilden, auftritt. Kleinere schwere Teilchen fallen nach unten durch, desgleichen steigen kleine Luftblasen ungehindert auf. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß die durch die Schlieren sichtbar gemachten Inhomogenitäten ein nicht line-

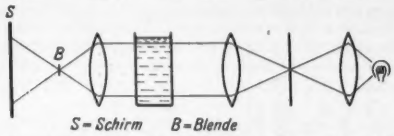


Fig. 3. Anordnung zur Beobachtung von Teilchen im Schlierenbild des Ultraschallfeldes.

ares Druckgefälle im Schallfeld erzeugen, das sehr kleine oder spezifisch schwere Teilchen, wie Hg-Tröpfchen, nicht zu halten vermag.

Es können somit durch die hier geschilderte Erscheinung Inhomogenitäten des stehenden Ultraschallfeldes auf sehr einfache Weise sichtbar gemacht werden. Diese Methode ist manchmal empfindlicher als die Feststellung der Inhomogenitäten des stehenden Feldes mit Hilfe des Schlierenbildes (z. B.

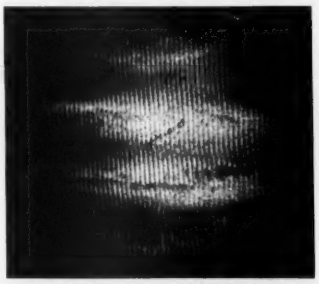


Fig. 4. Weizenstärketeilchen in nach dem Schlierenverfahren sichtbar gemachten Inhomogenitäten des stehenden Ultraschallfeldes.

bei Paraffinöl sieht man die „Etagen" eher als Schlieren), ferner läßt sie auch die *räumliche* Verteilung des Feldes erkennen.

Institut für Medizinische Physik der Universität Wien (*Vorstand: Prof.* HAUER). G. KECK.

Eingegangen am 3. September 1954.

[1]) Zit. nach BERGMANN, Der Ultraschall. 1949 bzw. 1954.
[2]) HAUER, F., u. G. KECK: Acustica 3, 404 (1953).

Neubestimmung der Halbwertszeit des ^{87}Rb.

Die genaue Kenntnis der Halbwertszeit (HWZ) des ^{87}Rb wird für geologische Altersbestimmungen nach der Rb-Sr-Methode immer wichtiger. Zahlreiche seit 1946 vorgenommene Messungen ergaben spezifische Aktivitäten, die unkorrigiert um mehr als den Faktor 2 streuten. So fand EKLUND[1]) $A = 22{,}8$, Frau KEMMERICH[2]) (K.) $A = 49{,}6$ β-Teilchen/mg RbCl · min · 4π. Alle Autoren außer K. erhielten $A < 30$. Durch verschiedene Korrekturen wurde aus allen Messungen stets eine HWZ von $T \approx 6 \cdot 10^{10}$ a abgeleitet. Auf die hier bestehenden Widersprüche wurde bereits hingewiesen[3]).

Da mindestens 25% der β-Teilchen des Rb Energien unter 20 keV haben, sind stets hohe Absorptionsverluste zu erwarten. Bei einer Neubestimmung im 4π-Zählrohr (ZR), bei der die Präparate in üblicher Weise auf eine zwei ZR trennende, versilberte Zaponfolie aufgedampft waren[3]), versuchten wir deshalb, mit sehr dünnen Folien und Präparaten zu arbeiten, um sicher auf den Wert A_0 bei der Dicke Null extrapolieren

zu können. Es zeigte sich jedoch, daß A mit abnehmender Foliendicke keineswegs monoton steigt, sondern bei sehr dünnen Folien wieder stark abnimmt. Man erhält stets zu kleine Zählraten, wenn die Folie nicht metallisch leitet. — Auf ausreichende Leitfähigkeit wurde im ZR geprüft. Bei nichtleitender Folie ist die Einsatzspannung der ZR um etwa 100 V höher als bei leitender und hängt bei beiden ZR von der Spannung am anderen ab. Außerdem sinkt die Zählrate in jedem der ZR, wenn an das andere Spannung gelegt wird. Vergleich der für die verschiedenen Fälle gezeichneten Äquipotentialflächen in den ZR erklärt diese Befunde sofort. — Da eine nichtleitende Folie durch Ionen aus der ZR-Entladung positiv aufgeladen wird, kehrt in ihrer Mitte das ohnehin verschwindende Feld seine Richtung um, und energiearme β-Teilchen werden nicht angezeigt. Diese Fehlerquelle dürfte bei einem Teil der bisherigen Messungen nicht genügend berücksichtigt worden sein.

Folien mit weniger als 30 µg Ag/cm² auf jeder Seite leiteten nur in Ausnahmefällen ausreichend. Damit war eine bei dieser Methode nicht unterschreitbare Mindestdicke festgelegt. An leitenden Folien mit mehreren nacheinander aufgedampften RbCl-Schichten fanden wir für die dünnste Schicht $A = 35$

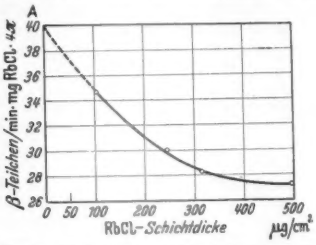


Fig. 1. Spezifische Aktivität in Abhängigkeit von der Dicke des Präparates bei der dünnsten leitenden Folie (50 µg/cm²).

(Fig. 1). Damit ist $T < 5{,}2 \cdot 10^{10}\,a$. Extrapolation der Kurve auf Präparatdicke Null ergibt $A = 40 \pm 1$. Wegen der Form des Rb-β-Spektrums ist dieser weitere Anstieg anzunehmen. — Nimmt man weiter für RbCl und Folie gleiche Massenabsorptionskoeffizienten an, was die Messungen nahelegen, so folgt $A_0 = 42{,}5$ β-Teilchen/mg RbCl · min · 4π und damit unter Berücksichtigung aller Fehler

$$T = 4{,}3 \cdot 10^{10}\,a\ {}^{+7}_{-4}\,\%.$$

Dieser Wert wird durch die Messung von K. gestützt. Frau K. korrigierte ihren Meßwert von $A/2 = 24{,}8$ β-Teilchen/mg RbCl · min · 2π um 10% für Rückstreuung aus der ZR-Wand. Ihre Rückstreuungsmessung im 4π-ZR[2]) liefert aber lediglich den Überschuß der Rückstreuung aus einer ebenen Unterlage über die aus einem ZR in Form eines Halbzylinders. Letztere wurde von uns gemessen. Danach sind von $A/2$ insgesamt etwa $5{,}5 \pm 1$ Teilchen als Rückstreuungskorrektur zu subtrahieren. Weiter sind 1 bis 2 Teilchen zur Korrektur der Absorption im Präparat zu addieren. Damit ergibt sich $A \approx 42$ und $T \approx 4{,}35 \cdot 10^{10}\,a$, in bester Übereinstimmung mit dem von uns gefundenen Wert. — Es sei darauf hingewiesen, daß Frau K. aus ihrer Messung nur deshalb $T = 6{,}0 \cdot 10^{10}\,a$ erhielt, weil sie annahm, daß bei jedem Zerfall außer dem β-Teilchen ein Konversionselektron emittiert wird. Ohne diese nicht zutreffende Annahme[3]) hätte sie mit ihrer eigenen Rückstreuungskorrektur $T = 4{,}0 \cdot 10^{10}\,a$ erhalten.

Eine ausführliche Darstellung ist in Vorbereitung. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danken wir für apparative Unterstützung.

Marburg, Physikalisches Institut der Universität.

INGEBORG GEESE-BÄHNISCH und E. HUSTER.

Eingegangen am 16. September 1954.

[1]) EKLUND, S.: Ark. Mat., Astronom., Fysik Ser. A **33**, Nr. 14 (1946).

[2]) KEMMERICH, MARIA: Z. Physik **126**, 399 (1949).

[3]) BÄHNISCH, J., E. HUSTER u. W. WALCHER: Naturwiss. **39**, 379 (1952).

Prinzipielle Betrachtungen im Periodischen System der Elemente. Beziehungen zwischen Kern und Hülle *).

I. Neutronenüberschüsse. Der leichteste Kern des leichtesten Elementes ^{1}H besteht nur aus einem Proton, enthält kein Neutron, weist mithin einen Neutronenüberschuß auf von — 1. Vom Wasserstoff ($^3_1$H) bis zum Calcium ($^{40}_{20}$Ca) gibt es für alle Elemente mit gerader Ordnungszahl — mit Ausnahme des Beryllium — und für mehrere Elemente mit ungerader Ordnungszahl je ein stabiles Isotop, das einen Neutronenüberschuß aufweist von 0, also die gleiche Anzahl von Neutronen und Protonen enthält.

Darnach — vom Scandium an — gibt es für keine Elemente ein stabiles Isotop, das einen Neutronenüberschuß aufweist von 0. Der Neutronenüberschuß wächst vielmehr allmählich, ohne daß allerdings für diesen Wechsel bisher eine Regelmäßigkeit hätte festgestellt werden können. Beim Zink weist das Isotop $^{70}_{30}$Zn ein Verhältnis auf von P:N = 3:4, beim Zinn, dem letzten der ersten Hälfte der bisher bekannten Elemente, weist das Isotop $^{120}_{50}$Sn ein Verhältnis auf von P:N = 5:7, beim Tellur, dem ersten Element mit gerader Ordnungszahl der zweiten Hälfte der bisher bekannten Elemente, weist das Isotop $^{130}_{52}$Te ein Verhältnis auf von P:N = 2:3. Von da an weisen zahlreiche Elemente mit je einem stabilen Isotop dieses Verhältnis von 2:3 auf. Das gilt auch für die radioaktiven Transurane, und zwar bis zum letzten der bisher bekannten Elemente mit der Ordnungszahl 100, nämlich für das Isotop $^{250}_{100}$Ct. Da dieses Element bislang keine offiziell anerkannte Bezeichnung erhalten hat, sei vorläufig die von einigen Seiten vorgeschlagene Bezeichnung Centurium (Ct) benutzt.

II. Verteilung der Neutronenüberschüsse auf die Elemente. Zieht man für das Verhältnis von Protonen zu Neutronen einen Durchschnitt von 2:3 in Betracht, so ist anzunehmen, daß zum Teil je Proton ein Einbau von einem Neutron, zu einem andern Teil je Proton von zwei Neutronen stattfindet. Diese Anlagerung wird irgendwie abwechselnd erfolgen, und der Wechsel kann entweder dem Zufalle gehorchen oder einer Gesetzmäßigkeit. Nimmt man das letztere an, so gilt es, diejenigen Elemente zu ermitteln, die je Proton ein Neutron anlagern, und diejenigen, die je Proton zwei Neutronen anlagern. Außerdem wäre noch die Relation zwischen diesen zwei Arten von Elementen ausfindig zu machen.

Für eine alternierende Anlagerung von einem bzw. zwei Neutronen an je ein Proton bestehen bezüglich der Auswahl der dafür in Frage kommenden Elemente drei prinzipielle Möglichkeiten.

1. Der Wechsel erfolgt von Element zu Element. Dieser Möglichkeit widerspricht der zahlenmäßige Befund der ersten 20 Elemente, wie er eingangs dargestellt wurde.

2. Der Wechsel erfolgt in der Weise, daß die erste Hälfte der Elemente — mit den Ordnungszahlen 1 bis 50 — ein Neutron je Proton anlagert und die zweite Hälfte — mit den Ordnungszahlen 51 bis 100 — zwei Neutronen je Proton. Zu Gunsten dieser Möglichkeit könnte angeführt werden, daß in der ersten Hälfte das Verhältnis von 2:3 für Proton zu Neutron seitens keines stabilen Isotops erreicht wird, während es in der zweiten Hälfte, und zwar gleich mit dem $^{130}_{52}$Te beginnend, für viele Elemente genau und für sehr viele angenähert zutrifft. Dieser Möglichkeit widerspricht jedoch von vornherein die Tatsache, daß die „Hälfte" sich im Laufe der Zeit immer mehr nach oben verschob — und voraussichtlich noch weiter verschieben wird —, je mehr Transuranelemente entdeckt wurden. Außerdem ergibt eine Durchrechnung ein Manko für die Anlagerung von zwei Neutronen. Diese zweite Möglichkeit scheidet also gleichfalls aus.

3. Bestimmte — gleiche oder verschiedene — Vielzahlen von Elementen kommen für den Einbau je eines Neutrons je Proton in Betracht. Bestimmte Vielzahlen von Elementen — die den ersteren gleich oder von ihnen verschieden sein können — kommen für den Einbau von zwei Neutronen je Proton in Betracht.

Wie eingangs betont, gibt es vom Wasserstoff bis zum Calcium für alle Elemente mit gerader Ordnungszahl — mit Ausnahme des Berylliums — und für mehrere Elemente mit ungerader Ordnungszahl je ein stabiles Isotop, das einen Neutronenüberschuß von 0 aufweist. Diese Isotope bauen also je Proton ein Neutron ein. Alle diese Elemente gehören ihrer Elektronenkonfiguration entsprechend zu den Hauptgruppen des Periodischen Systems.

Vom Scandium an gibt es keine stabilen Isotope mehr, die einen Neutronenüberschuß von 0 aufweisen. Mit dem Scandium beginnen die Nebengruppen des Periodischen Systems. Es taucht deshalb die Frage auf, ob zwischen dem Unterschied der Vielzahlen von Elementen, die ein bzw. zwei Neutronen je Proton anlagern, einerseits und dem Unterschied zwischen den Haupt- und Nebengruppen des Periodischen Systems

andererseits eine Relation besteht. Überraschender Weise ist das der Fall. In einer vorangehenden Mitteilung[1]) wurde dies an Hand einer dort veröffentlichten Tabelle kurz skizziert. Tabelle 1 verzeichnet die Besetzungszahlen der Haupt- und Nebengruppen, und zwar jeweils die Teilbesetzungszahlen, und außerdem die Gesamtbesetzungszahlen. Die Teilbesetzungszahlen geben zugleich an, wie oft eine Anlagerung von je einem bzw. von je zwei Neutronen an je ein Proton angenommen wird.

Tabelle 1. *Besetzungszahlen der Haupt- und Nebengruppen der Hülle und Einbau von Protonen und Neutronen im Kern.*

Hauptgruppen Teilbesetzung		Nebengruppen Teilbesetzung		Gesamtbesetzung
1 P + 1 N		1 P + 2 N		
20		0		20
0		10		30
8		0		38
0		10		48
8		0		56
0		24		80
8		0		88
0		12		100
44	+	56	=	100

Nachdem die Frage nach Beziehungen zwischen Hülle und Kern insofern zu bejahen sein dürfte, als eine Relation anzunehmen ist zwischen dem Unterschied von Haupt- und Nebengruppen einerseits und dem Unterschied zwischen der Anlagerung von einem bzw. zwei Neutronen an je ein Proton andererseits, taucht die weitere Frage auf, ob die Analogie zwischen Hülle und Kern so weit geht, daß sich auch *f*- und *d*-Elektronen einerseits und *p*- und *s*-Elektronen andererseits im Kern widerspiegeln. Daß Anhaltspunkte für eine Berechtigung bestehen, auf Grund deren auch diese Frage bejaht werden könnte, soll in einer der folgenden Mitteilungen des näheren erörtert werden.

Stockholm-Djursholm.

RICHARD LEPSIUS und S. K. ASUNMAA.

Eingegangen am 1. September 1954.

*) 10. Mitteilung. Herrn Prof. MAX VON LAUE zum 75. Geburtstage.

[1]) LEPSIUS, RICHARD, u. S. K. ASUNMAA: Naturwiss. **41**, 366 (1954).

Periodische Vorgänge beim Abfunken von Berylliumbronze.

Zylindrische Stäbchen aus Berylliumbronze (2% Be-Gehalt) wurden ungefähr eine halbe Stunde der Einwirkung von Funken einer Kondensatorentladung ausgesetzt. Während des Abfunkens wurde das Intensitätsverhältnis der Be-Linie 2650 Å zur Cu-Linie 3247 Å mit einem photoelektrisch registrierenden Spektrometer (Spectro-Lecteur der CAMECA, Courbevoie-Seine) fortlaufend gemessen und aufgeschrieben. Die Folge der Funkenentladungen (100 Funken je Sekunde) wurde mit einem gesteuerten FEUSSNERschen Funkenerzeuger[1]) hergestellt, bei dem der elektrische Ablauf der Entladungen vom Zustand der Elektroden unabhängig ist, so daß die beobachteten zeitlichen Änderungen des Intensitätsverhältnisses keine Änderungen im elektrischen Verlauf der Funken widerspiegeln.

Versuchsbedingungen. Elektrodenform: Zylindrische Stäbchen 5 mm ⌀, am Ende halbkugelförmig angedreht. *Elektrodenabstand:* 3 mm, mit Wasserdurchfluß temperierte Elektrodenhalter. *Elektrische Anregung:* FEUSSNERscher Funkenerzeuger, Kapazität $C = 4500$ pF; Induktivität, nur die der Leitungen, etwa 5 μH; Ladespannung 17 kV, 100 Funken/sec.

Fig. 1 gibt den zeitlichen Verlauf des Intensitätsverhältnisses der beiden Linien wieder. Die Kurve *a* ist der normale Fall. Während der ersten 100 sec nimmt das Intensitätsverhältnis stark ab. Danach treten unregelmäßige Änderungen ein, die nach wenigen Minuten (bei den einzelnen Versuchen etwas verschieden) zu periodischen Schwankungen des Intensitätsverhältnisses werden, die mit einer verhältnismäßig gut definierten Frequenz ablaufen. Die Intensitäten der beiden Linien ändern sich dabei gegenläufig. Wenn die Be-Linie stärker wird, fällt die Cu-Linie in der Intensität ab und umgekehrt.

Beobachtungen über zeitliche Änderungen des Intensitätsverhältnisses von Spektrallinien sind ein wichtiges Hilfsmittel, wenn man Arbeitsvorschriften für die spektrochemische Analyse ausarbeiten will. Mit Hilfe dieser „Abfunkkurven"[2]) wird der geeignete Zeitpunkt für die Intensitätsmessung, die der Analyse zugrunde liegt, ermittelt. Man strebt an, daß sich nach einer kurzen „Vorfunkzeit" ein konstanter Verhältniswert einstellt, was vielfach durch die Wahl geeigneter Versuchsbedingungen erreicht werden kann. Völlig unregelmäßige Schwankungen können durch Verschlackung der Elektrodenoberflächen, Abspritzen von Oxydbelägen usw. hervorgerufen werden. Ausgeprägt periodische Schwankungen der hier gezeigten Art sind unseres Wissens noch nicht beobachtet worden.

Da die elektrischen Bedingungen im Entladungskreis durch die Steuerung des Funkenerzeugers zwangsweise konstant gehalten werden, muß die Ursache der periodischen Schwankungen in periodischen Änderungen des Zustandes der Elektrodenoberflächen gesucht werden. Vermutet wurde eine periodische Oxydation. Um diese Vermutung zu bestätigen, wurde — angeregt durch frühere Beobachtungen von VAN CALKER[3]) —

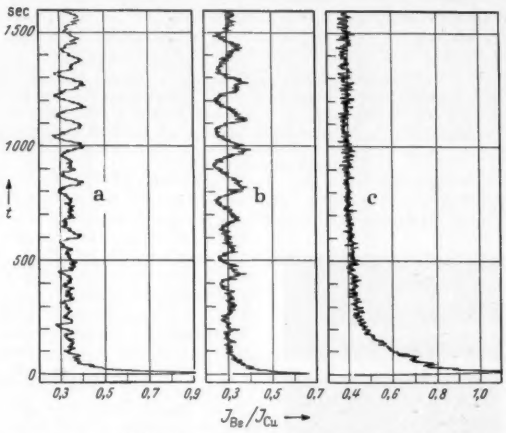


Fig. 1a—c. Zeitliche Änderungen des Intensitätsverhältnisses von Be 2650 Å/Cu 3247 Å beim Abfunken von Berylliumbronze. a 2 Cu-Stabelektroden; b Graphitgegenelektrode; c Graphitgegenelektrode mit N_2-Zufuhr.

eines der Elektrodenstäbchen durch eine Graphitelektrode (RW I von Ringsdorff) ersetzt in der Erwartung, daß die reduzierenden Kohlengase den Oxydationsvorgang ändern könnten. Unter den gewählten Versuchsbedingungen wurde jedoch nur die Frequenz der Schwankungen etwas niedriger (Kurve *b*). Darauf wurde durch eine Längsbohrung in der Graphitelektrode Stickstoff in die Funkenstrecke geblasen. Dadurch verschwanden die periodischen Änderungen (Kurve *c*). Übriggeblieben sind nur noch die normalen statistischen Schwankungen des Intensitätsverhältnisses. Um sicher zu sein, daß der Sauerstoffmangel und nicht etwa die durch das Hereinblasen von Stickstoff verursachte Gasströmung für das Verschwinden der periodischen Schwankungen verantwortlich ist, wurden Versuche gemacht, bei denen durch die Bohrung Luft in die Funkenstrecke geblasen wurde. Dabei traten aber die Schwankungen ebenso wie im Normalfall auf. Somit kann angenommen werden, daß unter dem Einfluß der Funkenentladungen periodisch wechselnde Oxydationszustände an den Elektrodenoberflächen auftreten, die für die Schwankungen des Intensitätsverhältnisses verantwortlich sind.

Die Untersuchungen werden fortgesetzt mit dem Ziel, tiefere Einsicht in die Art der Zustandsänderungen zu gewinnen und die Ursache für den periodischen Wechsel aufzuklären. Es liegt nahe, an einen Zusammenhang mit periodischen Aktivierungen von Elektrodenoberflächen in Elektrolytlösungen zu denken[4]).

Institut für Spektrochemie und Angewandte Spektroskopie, Dortmund-Aplerbeck.

FRANZ ROSENDAHL und HEINRICH KAISER.

Eingegangen am 20. September 1954.

[1]) KAISER, H., u. A. WALLRAFF: Ann. Phys. (5) **34**, 297 (1939).
[2]) KAISER, H.: Spectrochim. Acta **1**, 1 (1939).
[3]) CALKER, J. VAN: Spectrochim. Acta **2**, 340 (1944).
[4]) BONHOEFFER, K. F., u. U. F. FRANCK: Z. Elektrochem. **55**, 180 (1951).

Eine neue Methode zur Messung des zeitlichen Einspritzverlaufs bei Dieselmotoren.

Die Daten der Einspritzorgane eines Dieselmotors — Förderpumpe, Druckleitung und Düse — sind verantwortlich für den zeitlichen Ablauf der Einspritzung, das sog. „Einspritzgesetz"[1]). Die Ermittlung seines Verlaufs ist notwendig zur richtigen Abstimmung des Gemischbildungs- und Verbrennungsprozesses. Von den bisher zur Ermittlung des Einspritzgesetzes benutzten Meßgeräten seien genannt: Das Einspritzstrobometer der TH Dresden[1]), das Einspritzkarussell der

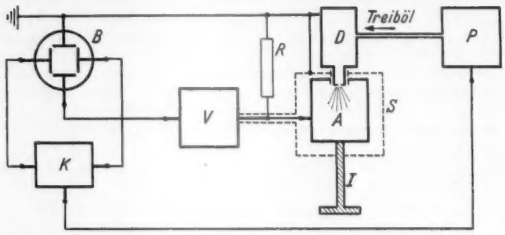


Fig. 1. Schema der Versuchsanordnung. *D* Düsenhalter mit Düse, *A* Auffänger, *S* Abschirmung, *I* Isolator, *R* Isolationswiderstand, *V* Verstärker, *K* Kippgerät, *B* Braunsches Rohr, *P* Pumpe.

Firma Henschel, Kassel[2]), und das Zellrad der TH Graz[2]). Sie beruhen im Prinzip auf einer zeitlich gleichmäßigen Unterteilung des Brennstoffstrahles. Die zu einer solchen Unterteilung gehörigen Treibstoffmengen werden in Meßgläsern aufgefangen und nach z. B. 100 Einspritzungen abgelesen. Daraus erhellt, daß der auf diese Art *punktweise* ermittelte Einspritzverlauf immer nur einen Mittelwert darstellt. Vor- und Nachteile dieser Meßeinrichtungen findet man bei Reichelt[2]) erwähnt. Eine Zusammenstellung weiterer Verfahren zur Messung des Einspritzverlaufs und der entsprechenden Literatur ist bei Holfelder[3]) angegeben. Neben der experimentellen Ermittlung des Einspritzgesetzes existieren auch rechnerische Methoden zu seiner Bestimmung, so das Verfahren von Pischinger[4]), das den wirklichen Verlauf am besten wiedergibt[5]).

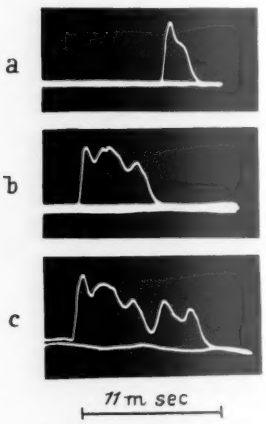


Fig. 2 a—c. Einspritzoszillogramme. Einspritzdruck etwa 120 at; a Einspritzdauer $0{,}33 \cdot 10^{-2}$ sec; Menge 26 mm³, Ladung $6{,}5 \cdot 10^{-12}$ Asec; b Dauer $0{,}65 \cdot 10^{-2}$ sec, Menge 78 mm³, Ladung $2 \cdot 10^{-11}$ Asec; c Dauer $1{,}1 \cdot 10^{-2}$ sec, Menge 110 mm³, Ladung $2{,}8 \cdot 10^{-11}$ Asec.

Die Grundlage der hier zu besprechenden neuen Methode ist folgende: Zerstäubt man Treiböl mittels der beim Dieselmotor gebräuchlichen Druckzerstäubung und fängt den Strahl in einem geschlossenen metallischen Behälter auf, der unmittelbar auf einem Elektrometer befestigt ist, so beobachtet man eine elektrostatische Aufladung. Diese erweist sich als direkt proportional der eingespritzten Menge, die Proportionalitätskonstante wird mit steigendem Einspritzdruck größer (feinere Zerstäubung). Die je Einspritzung beobachteten Ladungsmengen lagen in der Größenordnung von 10^{-12} Asec bei kleineren Einspritzmengen (26 mm³) bis 10^{-11} Asec bei größeren (78 mm³). Der Effekt ist eindeutig reproduzierbar, obwohl Sass[6]) auf Grund der Versuche von De Juhasz, Zahn und Schweitzer[7]) die Frage nach der elektrostatischen Aufladung bei der Zerstäubung von Treiböl negativ beantwortet.

Führt man die Ladungsmengen in geeigneter Weise einem Oszillographen zu, so wird ein Einspritzimpuls aufgezeichnet, der wegen des linearen Zusammenhanges zwischen Einspritzmenge und Aufladung eine Abbildung des Einspritzverlaufes darstellt. Das Schema der Versuchsanordnung zeigt Fig. 1, einige danach aufgenommene Oszillogramme Fig. 2. Es wurde eine Verstärkung der Größenordnung 10^4 benutzt. Die von der Kurve eingeschlossene Fläche ist ein Maß für die während des Vorganges eingespritzte Menge. Der Kurvenverlauf ist eichfähig, wenn man für einen bestimmten Einspritzdruck die „spezifische Aufladung" etwa in Asec/mm³ experimentell bestimmt; weiter benötigt man die Kenntnis des Isolationswiderstandes als Apparatekonstante.

Aus den Oszillogrammen erkennt man deutlich, wie sich der Einspritzverlauf mit der Schwingungsfrequenz der Düsennadel ändert. Interessant ist bei Fig. 2c besonders der auf ihr sichtbare Vorgang des „Nachspritzens": Die Einspritzung ist nach etwa $0{,}65 \cdot 10^{-2}$ sec fast beendet, als eine neu ankommende Druckwelle die Düsennadel zur nochmaligen Freigabe des Ausflußquerschnitts veranlaßt.

Die hier beschriebene Methode zur Messung des Einspritzverlaufes besitzt gegenüber den bisher angewandten wesentliche Vorteile: Der Aufbau der Anordnung ist einfach und ohne großen Aufwand schnell herstellbar. Man kann jede einzelne Einspritzung messen und jede eintretende Änderung im Einspritzverlauf unmittelbar kontrollieren. Weiterhin findet keine Strahlaufteilung statt, die gesamte pro Vorgang eingespritzte Menge wird zur Messung benutzt. Dadurch wird eine der bei den oben angeführten Verfahren wesentlichen Schwierigkeiten umgangen, nämlich das Vermeiden des Abprallens von Strahlteilen, das besondere Maßnahmen erforderte.

Jena, Physikalisches Institut der Universität.

C. Schacke und H. Straubel.

Eingegangen am 17. September 1954.

[1]) Blaum, E.: Das Einspritzgesetz der schnellaufenden Dieselmaschine. Berlin: VDI-Verlag 1942.
[2]) Reichelt, J.: Kraftfahrzeugtechnik **3**, 4 (1953).
[3]) Holfelder, O.: Arch. techn. Mess. **5**, 8234—8/9 (1952).
[4]) Pischinger, A.: Beitrag zur Mechanik der Druckeinspritzung. ATZ-Beihefte, Bd. I. Stuttgart 1935.
[5]) Reichelt, J.: Kraftfahrzeugtechnik **3**, 68, 105 (1953).
[6]) Sass, F.: Bau und Betrieb von Dieselmaschinen. Berlin: Springer 1948.
[7]) De Juhasz, Zahn u. Schweitzer: Pennsylvania State College Bulletin Nr. 40 vom 22. August 1932.

Wettereinfluß von Atomexplosionen als Störung periodischer Strömungen in der Stratosphäre.

In der Diskussion über den Einfluß von Atomexplosionen auf das Wetter ist bisher der Gesichtspunkt außer acht gelassen worden, daß die Großwetterlage durch eine langsame Pendelbewegung von Luftmassen in der Stratosphäre zwischen Pol und Äquator bestimmt wird. Diese periodischen Strömungen werden durch die — bis in die Stratosphäre reichende — Wirkung von Atomexplosionen eine — im Kräfteverhältnis — kleine Störung erfahren. Es ist aber aus der Störungstheorie periodischer Vorgänge bekannt, daß sich kleine Störungen erheblich in Unregelmäßigkeiten des zeitlichen Amplitudenverlaufes des gestörten Vorganges auswirken. Da bereits, wie es das Beispiel Mitteleuropas in den Jahren 1953 und 1954 gezeigt hat, Amplitudenabweichungen, welche Polarluftmassen um 1° geographischer Breite weiter zum Äquator hin fluten lassen, zu anomalen Wetterlagen Anlaß geben, erscheint es nicht abwegig, bei Behandlung der Frage nach der Beeinflussung des Wetters durch Atomexplosionen auch die Möglichkeit der Störung großräumiger, periodischer Bewegungen von Luftmassen durch relativ kleine Kräfte in Betracht zu ziehen.

Universität Würzburg. Horst Teichmann.

Eingegangen am 25. September 1954.

Der Gehalt des Saalewassers an Kupfer und Zink.

Das Kupfer wurde im Saalewasser und im Schweb sowohl nach der Natriumäthyldithiocarbamatmethode wie nach der Dithizonmethode bestimmt. Versuchsreihen mit Modelllösungen zeigten, daß bei den im Saalewasser auftretenden Konzentrationen beide Methoden gleich brauchbar sind. Das Zink wurde nach der Dithizonmethode bestimmt, im Anschluß an die Kupferbestimmung. Die Fehlergrenze beträgt bei der Kupferbestimmung etwa 10%, bei der Zinkbestimmung 5%.

Die Probeentnahme erfolgte an den gleichen Stellen der Saale wie bei der Bestimmung der Halogengehalte[1]); für die zeitliche Variation bei Göschwitz dicht südlich Jena an der Autobahnbrücke, für die regionale Variation bei den in Tabelle 1 genannten Orten. Beide Metalle wurden jeweils im filtrierten (Filterstäbchen G 3 von Schott u. Gen.) Wasser und im Schweb bestimmt.

Die zeitlichen Gesamtwerte von Göschwitz schwanken für Kupfer zwischen 11,2 und 36 μg/Liter, für Zink zwischen 167 und 332 μg/Liter. Bei den regionalen Proben steigen die Kupferwerte langsam von Eichicht bis Grizehne an. Eine

Tabelle 1. *Gehalt des Saalewassers an Cu und Zn* (in µg/Liter).

Ort	Gelöst		im Schweb		Gesamtgehalt	
	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn
Göschwitz[1]) . .	12	178	3	47	15	225
Eichicht[2]) . . .	8	54	0,5	8	8,5	62
Rudolstadt[2]) . .	10	3500	0,9	17	10,9	3517
Göschwitz[3]) . . .	14	204	0,6	18	14,6	222
Kunitz[3])	29	205	0,9	23	29,9	228
Leißling[3]) . . .	12	151	0,8	21	12,08	172
Salzmünde[4]) . .	18	75	2,1	18	20,1	93
Grizehne[4]) . . .	19	98	2,7	12	21,7	110

[1]) Göschwitz, Autobahnbrücke: Jahresmittel von 12 monatlichen Proben August 1947 bis Juli 1948.

[2]) Messungen am 28. 9. 48 in Eichicht (südlich Saalfeld) und Rudolstadt.

[3]) Messungen am 29. 9. 48 in Göschwitz (südlich Jena), Kunitz (nördlich Jena), Leißling (nördlich Unstrutmündung).

[4]) Messungen am 30. 9. 48 in Salzmünde (unterhalb Halle) und Grizehne (unterhalb Calbe).

Sonderstellung nimmt nur der Wert von Kunitz ein, der erheblich seine beiden Nachbarn überragt. Wie die Zahlen der Tabelle 1 zeigen, wird dieser Maximalwert nur durch den gelösten Anteil bewirkt. Drei später durchgeführte Bestimmungen der Kupferwerte von Göschwitz und Kunitz zeigten jedesmal das Ansteigen der Werte von Kunitz, jedoch nicht in so ausgeprägtem Maße wie das der Werte vom 29. 9. 48. Der nächste Entnahmepunkt Leißling hat wieder einen ganz normalen Kupferwert, der durch die Verdünnung durch das Unstrutwasser sogar ein wenig niedriger ist als der von Göschwitz. Der Anstieg des Kupferwertes von Kunitz dürfte wahrscheinlich auf den Einfluß der Industrieabwässer der Stadt Jena zurückzuführen sein.

In noch viel stärkerem Maße wird der Zinkgehalt der Saale durch Industrieabwässer beeinflußt. Von dem niedrigen Wert von 54 µg/Liter gelöstem Zink bei Eichicht steigt der Zinkgehalt in Rudolstadt auf 3500 µg/Liter an und fällt bis Göschwitz wieder auf 204 µg/Liter. Er sinkt noch allmählich bis Salzmünde und steigt nur wenig in Grizehne an. Eine eingehende Untersuchung dieses sehr auffallenden Befundes ergab, daß nicht etwa die Schwarza, die dicht oberhalb Rudolstadt mündet, für diese „Zinkzacke" verantwortlich ist, sondern Industrieabwässer der im Ort Schwarza ansässigen Industrie, die teils kontinuierlich, teils periodisch in den Vorfluter abgegeben werden. Sehr bemerkenswert ist weiterhin der schnelle Abbau der Zinkzacke flußabwärts, die nicht durch Verdünnung durch Nebenflüsse bedingt ist. Bereits 12 bis 13 km flußabwärts von der Einflußstelle der zinkhaltigen Abwässer war der Zinkgehalt des Saalewassers von einigen Tausenden µg/Liter auf 400 bis 500 µg/Liter zurückgegangen und von dem feinen Schlamm absorbiert worden. Schlamm aus den Wehren von Volkstedt (1,1 km unterhalb der Einflußstelle) und Weißen (11,9 km unterhalb der Einflußstelle) zeigten einen Zinkgehalt von 0,88 bzw. 0,86%, solcher von Jägersdorf (33,6 km unterhalb der Einflußstelle) und Jena (47 km unterhalb der Einflußstelle) 0,56 bzw. 0,39%. Die Kupfergehalte der genannten Schlammproben blieben sich dagegen praktisch gleich (0,01; 0,01; 0,007; 0,009). Die starke Adsorption der beiden Elemente an den Schweb zeigen die folgenden Zahlen:

1 t Eindampfrückstand aus filtriertem Saalewasser enthält 830 g Zink und 60 g Kupfer,

1 t Schweb enthält 2800 g Zink und 120 g Kupfer.

Bei einer Abflußmenge der Saale von 101 m³/sec für das Jahr 1948 in die Elbe wurden dieser insgesamt 69 t Kupfer und 350 t Zink zugeführt. Die ausführliche Arbeit erscheint in der „Chemie der Erde".

Jena, Mineralogisches Institut.

F. Heide und E. Singer.

Eingegangen am 14. September 1954.

[1]) Heide, F., u. J. Kaeding: Naturwiss. 41, 256 (1954).

Über organische Folien mit hoher Resistenz gegen Elektronenstrahlen.

Die üblichen im Elektronenmikroskop verwendeten Objektträgerfolien organischer Natur haben den Nachteil, daß sie schon bei relativ geringer Strahlintensität verkohlen[1]) und vielfach auch chemisch nicht resistent sind[2]). König und Helwig[3]) gelang es, durch Glimmentladung in Benzol chemisch resistente Folien zu erzeugen, doch verkohlen auch diese schnell im Elektronenstrahl.

Wir haben in der Glimmentladung mit Anilin, Trifluor-Monochloräthylen sowie mit Monofluor- und Difluorbenzol häutchenförmige Polymerisate auf Aluminium- und Messingelektroden niedergeschlagen[4]). Zum Vergleich wurden auch mit Benzol Häutchen hergestellt. Nach Beendigung des Versuches wurden die Häutchen von der Elektrode beim Aluminium durch Sublimatlösung, beim Messing durch verdünnte Salpetersäure abgetrennt. In der Tabelle 1 sind die verschiedenen Eigenschaften der Folien, wie Herstellungsbedingungen, Zersetzungstemperatur bei Normaldruck, chemische Resistenz und Deutung des Infrarotspektrums, in Tabelle 2 ist das Verhalten im Elektronenstrahl aufgeführt.

Die chemische Resistenz der gebildeten Folien, deren Dicke von etwa $^1/_{10}$ bis 10 µ variiert werden kann, ist gut. Sie ist wichtig für Untersuchungen über die Einwirkung von Elektronenstrahlen auf anorganische feste Stoffe, die wir seit einiger Zeit durchführen.

Tabelle 1. *Herstellung und Eigenschaften der in der Glimmentladung erzeugten Häutchen.*

Ausgangsmaterial	Herstellungsbedingungen			Zers. Temp.	Angriff der Folien durch *)							Infrarot-Spektrum
	p (mm Hg)	I (mA)	t (min)	T °C	HCl	HNO_3	H_2SO_4	Chromschwefelsäure	KOH	CH_3OH	C_6H_6	
$C_6H_4F_2$	0,6	3	10	280	–	–	+	+	–	–	–	I
C_6H_5F	0,8	3	15	270	–	–	+	+	–	–	–	I
F_2C_2FCl	1,0	10	30	220	–	–	–	+	+	–	–	
$C_6H_5NH_2$	0,5	10	30	235	–	+	+	+	–	–	–	II
C_6H_6	0,8	5	10	275	–	–	–	+	–	–	–	I

Zers. Temp. = Zersetzungstemperatur.

$$I = \left\{\begin{matrix}\text{CH}\\ \text{CC-Kette}\\ \text{CC-Ring}\end{matrix}\right\}\ \text{schwach} \qquad II = \left\{\begin{matrix}\text{CH}\\ \text{CC-Kette}\\ \text{CC-Ring}\end{matrix}\right\}\ \text{stark}$$

*) Alle Agenzien waren konzentriert und kochend.

Die Struktur der Folien ist praktisch frei von Inhomogenitäten. Das beste Ergebnis erzielten wir bei den Häutchen aus Monofluor- und Difluorbenzol.

Während bei den nichtfluorhaltigen Folien unter der Einwirkung der Elektronen bald Verkohlung nachzuweisen ist, verhalten sich die Folien aus Mono- und Difluorbenzol wesentlich günstiger (vgl. Tabelle 2 und Fig. 1). Bei der üblichen Belastung im Elektronenmikroskop zeigen Difluorbenzolhäutchen keine Andeutung einer Verkohlung.

Tabelle 2. *Strahlbeständigkeit verschiedener Folien.*

	Bestrahlungsdauer (min)	Leistungsdichte *) (kW/cm²)	Wirkung	Bild-Nr. (in Fig. 1)
Kollodium	1,5 (15 µA)	≧ 1,2	Deutliches Ringsystem	1
C_6H_5F/Al	4,5 (15 µA) 1,0 (30 µA)	≧ 1,2 ≧ 2,4	Mäßige Halo-Bildung	2
C_6H_5F/Messing	4,5 (15 µA) 4,0 (30 µA)	≧ 1,2 ≧ 2,4	Halo-System	3
$C_6H_4F_2$/Al	4,0 (15 µA)**) 4,0 (30 µA)	≧ 1,2 ≧ 2,4 ≧ 3300***)	— — Andeutung eines Halo-Systems	4

*) Strahlspannung: 80 kV; Objektträgerbohrung 0,3 mm.

**) Zweimaliges Hindurchfahren des Brennpunktes.

***) Engster Strahlquerschnitt bei 80 kV und 30 µA (Mikro-Ampere): Etwa 0,02 mm (B. v. Borries, Die Übermikroskopie, S. 52).

Über die Grundkörper der Folien, die aus Benzol und Benzolderivaten gebildet werden, läßt sich noch nichts Endgültiges aussagen. Die UV-Spektren verlaufen kontinuierlich ohne Maxima bzw. Minima, so daß auf keinen bestimmten Grundkörper geschlossen werden kann. Aus den Infrarotspektren kann man jedoch entnehmen, daß die Folien aus Anilin den geringsten Polymerisationsgrad besitzen, da die CH-, C—C-Ketten und C—C-Ringschwingungen gegenüber den Folien aus Benzol und Fluorbenzol die größte Intensität besitzen.

Bei der Glimmentladung mit Trifluormonochloräthylen trat Chlor auf, das mit Resten von Sauerstoff Phosgen bildete. Außerdem sind Chlor-Ionen beim Kochen der gebildeten Folie mit starker Kalilauge nachzuweisen. Wir vermuten deshalb, daß aus Trifluormonochloräthylen lange Ketten entstanden sind, die sich nach $\left[\begin{matrix} F & F \\ -C-C- \\ F & Cl \end{matrix}\right]_n$ formulieren lassen.

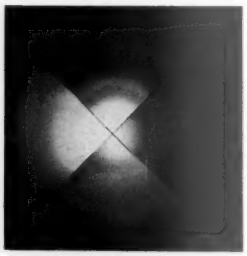


Fig. 1. Elektronenbeugungsaufnahmen bestrahlter Folien. (Bildnummer s. Tabelle 2.)

Die elektronenoptischen Aufnahmen wurden im Rheinisch-Westfälischen Institut für Übermikroskopie in Düsseldorf hergestellt, wofür wir Herrn Professor Dr. Ing. habil. B. v. Borries herzlich danken.

Herrn Dr. E. Wiesenberger von der Firma Siemens & Halske, Berlin, verdanken wir Ratschläge und Hinweise bei der Durchführung der Glimmentladung.

Weiterhin danken wir der Deutschen Forschungsgemeinschaft für ein Stipendium (B) und dem „Fonds der Chemie" für finanzielle Unterstützung.

Anorganisch-Chemisches Institut der Universität Göttingen.

Gottfried Butenuth, Oskar Glemser und Klaus v. Koch.

Eingegangen am 8. September 1954.

[1]) König, H.: Z. Physik **129**, 483 (1951).

[2]) Beim Eintrocknen des Beschickungstropfens auf einer Folie von Kollodium wird $KMnO_4$ reduziert.

[3]) König, H., u. G. Helwig: Z. Physik **129**, 491 (1951).

[4]) Es wurde Wechselspannung verwendet. Mit Gleichspannung resultieren andere Eigenschaften der niedergeschlagenen Polymerisate.

Papierelektrophoretische Untersuchungen über die Bindung von Penicillin an Serumeiweißkörper.

Penicillin wird nach Chow und McKee[1]) von Serumalbumin gebunden. Dagegen glauben Klotz und Walker[2]) sowie Kutzim[3]), der die Papierelektrophorese und den Nachweis des Penicillins auf Grund seiner bakteriostatischen Wirkung bei seinen Untersuchungen anwandte, daß keine Bindung stattfindet. Durch Anwendung biologischer Nachweismethoden ist diese Frage bei papierelektrophoretischen Untersuchungen offensichtlich nicht zu entscheiden: Wir fanden — wie Kutzim —, daß Penicillin (ohne Serumzusatz) bei p_H 8,8 etwa die gleiche Wanderungsgeschwindigkeit hat wie Albumin [Oeff u. a.[5])]. Wenn es also nach Elektrophorese eines Penicillin-Serumgemisches ungefähr im Albuminbereich nachzuweisen ist, kann eine einfache Überlagerung oder aber eine Bindung beider Substanzen vorliegen. Erst durch eine genauere Lokalisation, als sie mit Hilfe des Plattentestes möglich ist, läßt sich zeigen, daß das mit dem Albumin wandernde Penicillin tatsächlich gebunden vorliegt.

Radioaktives Penicillin (N-Äthyl-Piperidinsalz des S^{35}-Penicillin G)*) wurde in verschiedenen Mengen in Humanserum mit normalem Eiweißgehalt und -spektrum gelöst: die Konzentration der Penicillin-Serumgemische lag zwischen 10 und 2500 E/cm³ Serum. Von jeder Probe wurden 0,03 cm³ auf einen Filtrierpapierstreifen (Macherey und Nagel No. 214) aufgetragen. Die Elektrophorese wurde bei p_H 8,8 (Veronal-Natrium-Puffer), 6,5 mA, 210 V über 4 Std durchgeführt. Nach vorsichtigem Trocknen legten wir die Papierstreifen auf Röntgenfilm. Nach einigen Wochen war auf dem Film ein Autoradiogramm entstanden, das die genaue Lage des radioaktiven Penicillins auf dem Papierstreifen wiedergab. Die Papierstreifen wurden dann zur Lokalisation der Eiweißfraktionen mit Bromphenolblau gefärbt. Kontrollversuche wurden mit Penicillin (ohne Serum) durchgeführt.

In Fig. 1 ist oben das Autoradiogramm eines Kontrollversuches wiedergegeben (Streifen I), dann folgen jeweils ein gefärbter Elektrophoresepapierstreifen mit dazugehörigem Autoradiogramm (Streifen II und III, IV und V). Auch hier ist ersichtlich, daß Penicillin (I) und Albumin (II bzw. IV) die gleiche Wanderungsgeschwindigkeit haben. Aber während Penicillin ohne Serum nach der Elektrophorese in breiter Fläche mit verwaschenen Grenzen auf dem Papier liegt, ist es beim Penicillin-Serumgemisch scharf begrenzt und entspricht in seiner autoradiographischen Figur genau dem Bild des gefärbten Albumins auf dem Papierstreifen. Wir schließen daraus, daß das gesamte, in den betreffenden Proben vorhandene Penicillin an Albumin gebunden ist. Auch bei hohen Konzentrationen (2500 E/cm³) ließ sich kein Penicillin außerhalb der Albuminfigur nachweisen. Deshalb war die Bestimmung der maximalen Bindungsfähigkeit des Albumins für Penicillin und die Ermittlung der Dissoziationskonstanten des

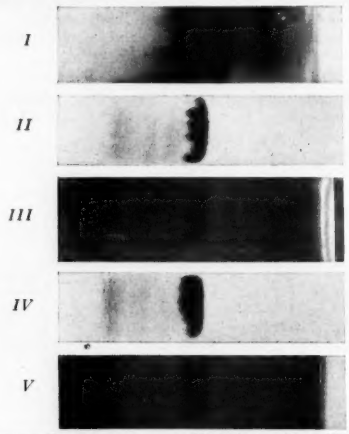


Fig. 1. Autoradiogramme von radioaktivem Penicillin ohne (*I*) und mit Serum (*III* und *V*) im Vergleich zu den eiweißgefärbten Papierelektrophoresestreifen (*II* und *IV*).

Penicillin-Albumin-Komplexes, wie sie kürzlich bei gleichartigen Untersuchungen mit dem Röntgenkontrastmittel Biliselektan durchgeführt worden sind[4]), nicht möglich.

Medizinische Klinik (Direktor: Prof. Dr. Dr. h. c. Frhr. v. Kress) *und Hautklinik (Direktor: Prof. Dr.* E. Langer) *der Freien Universität Berlin.*

K. Oeff, S. Rust, E. Schwarz und H. J. Weise.

Eingegangen am 20. September 1954.

*) Wir danken den Farbwerken *Hoechst* für die Überlassung des radioaktiven Penicillins.

[1]) Chow, B. F., u. C. M. McKee: Science [Lancaster, Pa.] **101**, 67 (1945).

[2]) Klotz, J. M., u. M. Walker: J. Amer. Chem. Soc. **70**, 943 (1948); **71**, 847, 1597 (1949).

[3]) Kutzim, H.: Klin. Wschr. **1952**, 852.

[4]) Oeff, K.: Arch. exp. Path. u. Pharmakol. **222**, 523 (1954).

[5]) Oeff, K., S. Rust, E. Schwarz u. H. J. Weise: Klin. Wschr. (im Druck).

Zur Konstitution des Despeptido-actinomycins.

Die bisher aus *Streptomyces*-Arten gewonnenen Actinomycin-Gemische[1]) enthalten als Hauptkomponenten Actinomycin C_2, C_3, $X_2(B_2)$ und $I_1(A_1)$[2]). Diese Actinomycine stimmen in der Struktur ihres Farbstoffteils überein, denn alle vier liefern beim Barytabbau das gleiche Despeptido-actinomycin[3]). Die bisher angewandte Kennzeichnung der Despeptido-actinomycine durch den Buchstaben des dazugehörigen Actinomycins erübrigt sich demnach bei den vier genannten Actinomycinen.

Bei der weiteren Untersuchung des Despeptido-actinomycins konnte seine Darstellung und Reinigung verbessert werden. Dabei stellte sich heraus, daß die maximale Ausbeute bereits nach einer Hydrolysendauer von 15 min erreicht wird. Erneute Analysen besonders gereinigter Präparate passen genau auf die Bruttoformel $C_{15}H_{11}O_5N$[4]), die nunmehr als völlig gesichert gelten kann. In Bestätigung früherer Befunde[5]) enthalten auch reinste Präparate 2 C-Methylgruppen und geben ein gelbes Diacetat, Schmp. 190°, sowie ein rotes Monoacetat.

Als neue Derivate des Despeptido-actinomycins gewannen wir einen orangeroten, kristallisierten Trimethyläther $C_{18}H_{17}O_5N$, Schmp. 168°, ein gelbes, kristallisiertes Tribenzoat, Schmp. 223 bis 225°[6]), und durch Reduktion mit Jodwasserstoff, Natriumdithionit oder Zinn-II-chlorid ein in goldgelben Nadeln kristallisierendes Dihydro-despeptido-actinomycin, das in saurer und neutraler Lösung langsam, in alkalischer Lösung schnell das Ausgangsmaterial zurückbildet. Der Trimethyläther ließ sich alkalisch leicht zu einem kristallisierten Monomethyläther $C_{16}H_{13}O_5N$, Schmp. 215 bis 216° verseifen, der in einer gelben und in einer roten Modifikation auftritt. Umsatz von Despeptido-actinomycin mit o-Phenylendiamin lieferte in guter Ausbeute ein kristallisiertes Phenazinderivat $C_{21}H_{15}O_3N$, das in ein kristallisiertes Triacetat, Schmp. 258°, übergeführt werden konnte.

Die nach verschiedenen Methoden durchgeführte reduzierende Acetylierung lieferte 1. ein in farblosen Blättchen kristallisierendes, in Benzol sowie Methanol ungewöhnlich schwer lösliches Dihydro-despeptido-actinomycin-pentaacetat, Schmp. 249 bis 251°, 2. ein farbloses Dihydro-desoxy-despeptido-actinomycin-tetraacetat, Schmp. 235 bis 236°[6]), und 3. ein gelbes Dihydro-despeptido-actinomycin-tetraacetat vom Schmp. 272 bis 275°.

Reduzierende Methylierung führte zu einem gelben Dihydro-despeptido-actinomycin-methyläther, Schmp. 192°, dessen Spektrum dem des 1.4-Dimethoxy-acridons auffallend ähnlich ist.

Der Summenformel und den Analysen seiner Derivate nach kann Despeptido-actinomycin keine Carboxygruppe enthalten. Seine Löslichkeit in wäßrigem Natriumhydrogencarbonat beruht auf Anwesenheit einer stärker sauren Oxygruppe.

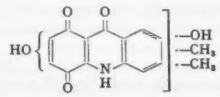
Despeptido-actinomycin ist gegen Alkali auch in der Wärme sehr beständig. Seine violettstichig-rote Lösung in verdünntem wäßrigem Alkali scheidet nach einiger Zeit ein Alkalisalz ab, aus dem sich unverändertes Ausgangsmaterial vollständig zurückgewinnen läßt. Mit konzentriertem wäßrigem Alkali bildet sich sofort ein tiefblaues, unlösliches Salz.

Von konzentrierter Schwefelsäure wird Despeptido-actinomycin mit gelbroter Farbe aufgenommen. Seine gelbe Lösung in Acetanhydrid wird auf Zugabe von Pyroboracetat rot und bald danach braun. Die Methanollösung des Despeptido-actinomycins wird durch Titan-III-chlorid violettrot und nach Zugabe von Pyridin und Umschütteln an der Luft braunrot. Beim Versetzen mit Bleiacetat färbt sich die Methanollösung blauviolett, und es fällt ein indigoblauer Niederschlag aus. Despeptido-actinomycin-trimethyläther dagegen reagiert nicht mit Bleiacetat, und auch der Monomethyläther zeigt wie 2-Oxy-naphthochinon-1.4 nur eine geringe Farbvertiefung nach gelbrot.

Die Chloroformlösung des Despeptido-actinomycins wird auf Zusatz von Zinn-II-chlorid zunächst tiefgrün und dann rot. Die rote Farbe ist auf ein Zinn-Komplexsalz des Dihydro-despeptido-actinomycins zurückzuführen, denn dessen Lösung wird auf Zusatz von Zinn-II-chlorid sofort rot. Die grüne Zwischenstufe ist offenbar ein Semichinon.

Während uns zunächst manche Befunde dafür zu sprechen schienen, daß Despeptido-actinomycin ein Azanthrachinonderivat ist[5]), kann diese Möglichkeit nunmehr auf Grund des folgenden Befundes ausgeschlossen werden. Bei der Zinkstaubdestillation erhielten wir eine farblose, kristallisierte, basische Verbindung, Schmp. 121 bis 122°, die in Äther mit Mineralsäuren gelbe, schwer lösliche, kristallisierte Salze bildet und sich in ein kristallisiertes, in Alkohol schwer lösliches Pikrat (Zersetzung gegen 225°) überführen ließ. Ihre Absorptionskurve ist der des Acridins sehr ähnlich, jedoch liegen die Hauptmaxima 4 bis 5 mμ langwelliger. Den gleichen Schmelzpunkt hat ein Dimethyl-acridin, das W. Borsche, H. Thiedtke und W. Schmidt durch Überleiten von 3.9-Dimethyl-1.2.3.4-tetrahydro-acridin über glühenden Zinkstaub gewonnen haben. Mit einer eindeutig verlaufenden Synthese des 3.9-Dimethylacridins sind wir beschäftigt.

Bei der Oxydation des Despeptido-actinomycin-trimethyläthers mit Kaliumpermanganat in Aceton erhielten wir in guter Ausbeute eine in farblosen Nadeln kristallisierende Verbindung $C_{17}H_{17}O_7N$, die bei 128 bis 129° unter Kohlendioxydentwicklung und Zersetzung schmilzt. Sie enthält noch

I 

alle Methoxy- und C-Methylgruppen des Ausgangsmaterials und reduziert beim Kochen ammoniakalische Silbersalzlösung.

Alle diese Befunde sowie der Vergleich von Despeptido-actinomycin mit Modellsubstanzen, über deren Synthese wir demnächst berichten werden, lassen auf die Teilformel I schließen.

Organisch-Chemisches Institut der Universität Göttingen.
Hans Brockmann und Hans Muxfeldt.

Eingegangen am 27. Februar 1954.

[1]) Brockmann, H.: Angew. Chem. **66**, 1 (1954).
[2]) Brockmann, H., u. H. Gröne: Naturwiss. **41**, 65 (1954). — Chem. Ber. **87**, 1036 (1954).
[3]) Brockmann, H., u. K. Vohwinkel: Naturwiss. **41**, 257 (1954).
[4]) Bereits in unserer letzten Mitteilung [vgl. Zitat [3])] wurde darauf hingewiesen, daß neuere Analysen besser auf diese Formel als auf $C_{16}H_{13}O_5N$ passen.
[5]) Brockmann, H., u. G. Budde: Naturwiss. **40**, 529 (1953).
[6]) Dieses Derivat wurde von K. Vohwinkel in unserem Institut hergestellt.
[7]) Borsche, W., H. Thiedtke u. W. Schmidt: Ann. **377**, 95 (1910).

Dissoziationskonstanten und Lichtabsorption einiger Verbindungen des Metmyoglobins und des Chironomus-Methämoglobins.

Im Rahmen einer größeren Untersuchungsreihe über die Rolle der Eiweißkomponente bei Gleichgewichten von Hämoproteinen wurden die Lichtabsorption und die Dissoziationskonstanten einiger bisher nicht bekannter Verbindungen des Pferdemetmyoglobins sowie des Chironomus-Methämoglobins bestimmt. Es sind dies Metmyoglobin-Formiat, -Acetat, -Propionat und -Nitrit, Chironomus-Methämoglobin in seiner sauren wie alkalischen Form sowie seine Verbindungen mit Cyanid, Azid, Cyanat, Rhodanid, Nitrit, Fluorid, Formiat, Acetat und Propionat. Die Nitritverbindungen zeigen einige Besonderheiten, die eingehendere Untersuchungen notwendig machen. Von einer Wiedergabe der Spektren und Dissoziationskonstanten wird deshalb vorerst abgesehen.

Die Absorptionsmaxima und Extinktionskoeffizienten der übrigen Verbindungen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1.

Verbindung	Absorptionsmaxima (mμ) und Extinktionskoeffizient (ε/10⁴)							
Mb(3)-Formiat . . .	623	0,58	590	0,47	500	0,94	409	20,3
Mb(3)-Acetat . . .	623	0,50	590	0,44	501	1,04	409	19,4
Mb(3)-Propionat . .	623	0,50	580	0,51	504	1,12	409	19,2
Chir. Hb(3)-H_2O . .	632	0,51	585	0,57	500	1,74	404	15,2
Chir. Hb(3)-OH . .	—	—	580	1,22	540	1,38	410	14,5
Chir. Hb(3)-Cyanid .	—	—	—	—	538	1,73	420	17,4
Chir. Hb(3)-Azid . .	630	0,47	575	1,27	542	1,62	417	16,7
Chir. Hb(3)-Cyanat .	628	0,77	570	0,84	498	1,29	413	17,2
Chir. Hb(3)-Rhodanid	635	0,72	577	1,00	519	1,70	411	19,1
Chir. Hb(3)-Fluorid .	606	1,47	553	1,06	488	1,46	405	19,0
Chir. Hb(3)-Formiat.	622	0,96	573	0,85	497	1,42	405	20,6
Chir. Hb(3)-Acetat .	620	1,01	573	0,82	496	1,45	405	21,0
Chir. Hb(3)-Propionat	622	0,93	575	0,73	497	1,47	405	21,0

Hierbei ist besonders die starke Absorption des Chironomus-Methämoglobins bei 500 mμ auffallend. Bei Pferde-Methämoglobin beträgt der Quotient $\varepsilon_{500}/\varepsilon_{632} = 2{,}4$, beim Chironomus-Farbstoff hingegen 3,4. Die Soretbande andererseits ist bei Chironomus wesentlich niedriger. Jedoch lassen sich auch bei den übrigen Verbindungen Differenzen zum Pferde-Methämoglobin nachweisen, die auf Unterschiede in der

Tabelle 2.

pK-Werte folgender Verbindungen	Pferde-Methämoglobin (MG = 67000)	Chironomus-Methämoglobin (MG = 31400)	Pferde-Metmyoglobin (MG = 17000)
Cyanid .	5,5 bei p_H 6,7	5,76 bei p_H 6,7	5,49 bei p_H 6,75
Azid . .	5,45 bei p_H 6,7	5,23 bei p_H 6,67	4,74 bei p_H 6,68
Cyanat .	3,3 bei p_H 6,7	3,12 bei p_H 6,72	2,5 bei p_H 6,82
Rhodanid	2,5 bei p_H 6,7	3,13 bei p_H 6,28	3,11 bei p_H 6,7
Fluorid .	1,8 bei p_H 6,7	2,06 bei p_H 6,62	2,01 bei p_H 6,7
Formiat .	1,35 bei p_H 6,7	2,34 bei p_H 6,37	1,22 bei p_H 6,7
Acetat .	−0,5 bei p_H 6,7	0,55 bei p_H 6,8	−0,18 bei p_H 7,3
Propionat	nicht meßbar	0,97 bei p_H 7,0	−0,32 bei p_H 7,14

Häm—Protein-Bindung bzw. auf Unterschiede in der Zusammensetzung und Konfiguration der Eiweißkomponente zurückzuführen sein dürften.

In Tabelle 2 sind die Dissoziationskonstanten der Chironomus-Methämoglobinverbindungen den Konstanten des Pferde-Methämoglobins und -Metmyoglobins gegenübergestellt.

Der Vergleich soll auf andere Hämoglobine und Hämoproteide ausgedehnt werden. Eine ausführliche Erörterung des Einflusses der Eiweißkomponente auf diese Gleichgewichte wird bis dahin zurückgestellt.

Aus dem Institut für Medizin und Biologie der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin-Buch, Abteilung Pharmakologie, und dem Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Humboldt-Universität zu Berlin (Direktor: Prof. Dr. F. Jung).

Eingegangen am 17. September 1954. Werner Scheler.

Free Amino Acids in Some Indian Grown Rice Samples (Oryza Sativa Linn).

The study of the free amino acids in some common varieties of Indian rice was undertaken, primarily to investigate the changes in them due to the storage of rice for long periods, and secondly to have an idea of the effect of such changes on their nutritive values. Eight varieties of rice were studied, which included raw (Basmati) *) and parboiled (Saila) *), stored for different periods and belonging to separate provinces. The raw rice samples included two 1 year old (B_1 and B_2), one new (B_3), and the fourth 3 years old (B_4). Burdhwan 1 year old (S_1), Saharanpur 2 years old (S_2), Mainpuri 3 years old (S_3), and Patna 1 year old (S_4) represented the parboiled rice. All varieties of rice had been stored in bags ($30 \pm 5°$C). Amino acid analysis was made by employing circular paper chromatographic method of Giri and Rao[1]).

The rice extracts were prepared as follows: 20 gms of the powdered rice was mascerated with 50 c.c. of water for 5 hours in the refrigerator. This was centrifuged and the clear solvent decanted off in a beaker. The proteins were precipitated by the addition of absolute alcohol so that the alcohol concentration was about 80 percent. This was filtered and the clear filtrate evaporated under reduced pressure to 5 c.c. 50 µl of each extract were spotted along with a mixture of 16 known amino acids on Whatman No. 1 filter paper. The chromatogram was developed with n-butanol-acetic acid-water (4:1:5). The positions of the amino acids were located by spraying with ninhydrin reagent (0·1 percent in acetone), and keeping the chromatogram at 65°C for 15 minutes. The individual amino acids were characterised by running several mixed chromatograms and spraying with their specific colour reagents[2]),[3]),[4]). Thus the presence of leucine (and iso-leucine), phenylalanine, methionine, valine, tryptophane, tyrosine, proline, alanine, threonine, glutamic acid, aspartic acid, arginine histidine, lysine and cystine have been recorded. The chromatogram shows the separation and identification of these free amino acids. The overlapping amino acids glutamic and threonine were separated and characterised by cutting their band from a chromatogram developed with n-butanol-acetic acid-water, running a separate chromatogram using pyridine-water (80:20 *v/v*) as the irrigating solvent and the cut out paper strip as wick for the second development[5]).

It is noticed that the amino acids patterns in all rice samples are practically similar. In raw rice the proportion of alanine, threonine, and glutamic acid is more in new than in old samples. The amount of lysine and histidine decreases on storage. In parboiled rice the amounts of tryptophane, methionine, valine, alanine, threonine, and glutamic acid are more in comparison to raw rice stored for the same period. Hydroxy-proline was not observed in any specimen. Cystine was present in old rice samples (B_4, S_2 and S_3) and not detected in new ones.

The author is grateful to Dr. D. S. Kothari for his kind interest in the present work.

Defence Science Laboratory, Hillside Road, New Delhi, India.

Eingegangen am 23. September 1954. D. B. Parihar.

*) Basmati and Saila are the local names for raw and parboiled rice respectively in Northern India.

[1]) Giri, K. V., and N. A. N. Rao: J. Indian Inst. Sci. **34**, 95 (1952).
[2]) Acher, R., C. Fromageot and M. Justis: Biochim. et Biophys. Acta **5**, 81 (1950).
[3]) Wieland, Th., and L. Bauer: Angew. Chem. **63**, 258 (1951).
[4]) Patton, A., and E. Foreman: Science [New York] **109**, 339 (1949).
[5]) Giri, K. V., and N. A. N. Rao: Current Sci. **22**, 114 (1953).

Über keimhemmende und antibakterielle Substanzen im Bodenwasser der Fichtenstreu.

In früheren Mitteilungen wurde zunächst über ein keimhemmendes[1]) und später, teilweise gemeinsam mit A. G. Winter[2]), über ein antibakterielles System[3]) in dem freien Wasser der Fichtenstreu berichtet. Die Korrelation zwischen Verjüngungsträgheit und Rohhumusbildung sowie die vielfach bekannten antiphytotischen Wirkungen[4]) handelsüblicher Antibiotika ließen einen gemeinsamen stofflichen Ursprung vermuten.

Zunächst prüften wir die Wirkung des schonend getrockneten Rückstandes eines wäßrigen Fichtenstreuextraktes auf die Keimung von *Lepidium sativum* (Schnellkeimer) und die Entwicklung eines Gemisches von Kompostbakterien. Hierzu bedeckten wir nährstofffreien Agar (10 cm³ je Petri-Schale) mit Kressesamen, während die Bakterien als Aufschwemmung bei 40° C unter den Peptonagar gemischt wurden. Ein in die Mitte des Agars gestanztes Loch wurde mit 0,25 g Testsubstanz gefüllt. (Diffusion in den Agar wie beim Penicillintest.) Die Bakterien wurden nach 16stündigem Bebrüten in 12 mm, die Samen nach 48 Std in 20 mm Breite um das Testloch herum gehemmt.

Das wirksame Prinzip konnte durch 12stündige Extraktion der Trockenmasse mit 90%igem Äthanol quantitativ eluiert werden. Dann wurde mit 80%igem Äthanol aufgenommen und papierchromatographisch aufgetrennt. Wir verwandten hier die von Brockmann und Patt[5]) für präparative Zwecke modifizierte Rundfiltertechnik nach Rutter[6]) mit einem Gemisch von 100 Teilen Isopropanol und 30 Teilen Wasser auf der Papiersorte 2043b (Schleicher und Schüll). Unter ultraviolettem Licht waren zehn deutlich voneinander abgesetzte Kreise sichtbar, die wir ausschnitten und einzeln durch Auflegen auf den Agar gegenüber Samen und Bakterien austesteten. An Stelle des Artgemisches wählten wir nun aber ein isoliertes Bodenbakterium, da hier die Hemmungszonen deutlicher abgegrenzt sind.

Nach der üblichen Bebrütungsdauer ist der unbehandelte, mit dem wirksamen Gemisch angereicherte Startring aktiv, nach Auslaufen des Chromatogramms aber inaktiv. Die hemmenden Anteile wandern also aus und treten in der Lösungsfront erneut in Erscheinung. Auch hier werden Samen und Bakterien in gleicher Weise gehemmt. Die übrigen Zwischenzonen sind wirkungslos. Es war aber denkbar, daß diese Hemmung durch die H-Ionen einer Huminsäure verursacht wird, da das Eluat der Front Werte zwischen p_H 3,8 und p_H 5 zeigte. Wir verglichen daher die Wirkung des Eluates mit dem Hemmungshof einer 1 n HCl bei steigender Pufferkonzentration des Agars (p_H 6,4), indem wir gleichmäßig angereicherte Startringe auslegten. Die Hemmungszonen der Streufraktion blieben von der Pufferung unbeeinflußt. Dagegen verursachte die Salzsäure bei der üblichen Konzentration (Phosphatpuffer nach Sörensen) zwar Hemmungshöfe von 20 mm Breite, blieb aber bei vierfacher Pufferkonzentration ohne Wirkung. Die Substanz hemmt also Bakterien und Samenkeime nicht durch p_H-Verschiebungen, sondern durch andersartige, toxische Effekte im Sinne einer antibiotischen Wirkung.

Die Konzentrierung der Substanz an der Peripherie des Chromatogramms weist auf eine schlechte Wasserlöslichkeit hin. Wir müssen daher zur völligen Auftrennung andere Methoden heranziehen. Die Identität der keim- und bakterienhemmenden Stoffe darf aber trotzdem als wahrscheinlich angesehen werden. Der Hemmungseffekt gegenüber den Bakterien ist p_H-abhängig: 22 mm breite Hemmungszonen bei p_H 5,6 werden mit steigendem p_H kleiner, um bei p_H 7,8 gänzlich zu verschwinden. Das p_H wirkt dabei nicht durch Veränderung der Löslichkeit: Wirkstoffgetränkte, bei höherem p_H wirkungslose Papierringe konnten durch Umbetten auf sauren Agar nicht wieder aktiviert werden. Da der p_H-abhängige Aktivitätswechsel aber reversibel ist, müssen die Hemmstoffe vor dem Umbetten in inaktiver Form in den alkalischen Agar diffundiert sein.

Über einen quantitativen Test zur Erfassung von Hemmstoffen im Boden wird in Kürze berichtet.

Die Untersuchungen wurden mit Hilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des Ministers für Ernährung,

Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen durchgeführt.

Botanische Abteilung Madaus-Köln (Leiter: Prof. Dr. A. G. WINTER). W. BUBLITZ.

Eingegangen am 24. September 1954.

[1]) BUBLITZ, W.: Madaus Jahresbericht 1952. — Naturwiss. **40**, 9 (1953). — Allg. Forst-Z. **8**, 53 (1953).
[2]) WINTER, A. G., u. W. BUBLITZ: Naturwiss. **40**, 12 (1953).
[3]) BUBLITZ, W.: Madaus Jahresbericht 1953.
[4]) WINTER, A. G.: Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde (im Druck).
[5]) BROCKMANN, H., u. P. PATT: Naturwiss. **40**, 7 (1953).
[6]) RUTTER, L.: Nature [London] **161**, 435 (1948). — Analyt. Chem. **23**, 1396 (1951).

Versuche zur Nachprüfung der Wirkung von Mycostatin *) auf die experimentelle Candida-albicans-Infektion der weißen Maus.

Der Therapie mit Antibioticis folgen manchmal außer ernsten Staphylokokkenerkrankungen, die jedoch der Erythromycintherapie zugänglich sind, lebensbedrohliche Pilzerkrankungen, vor allem Soormykosen. Im Vordergrund stehen Pilzpneumonien und Pilz-„Sepsis". Aber auch Erkrankungen der Nieren und der ableitenden Harnwege, Enteritiden und Peritonitis werden beschrieben[1–3]). Die Zahl und die Wirksamkeit der zur Verfügung stehenden Heilmittel ist bisher noch recht beschränkt. Mycostatin (früher Fungicidin oder Nystatin genannt), ein Präparat aus Streptomyces noursei, hemmt in vitro eine große Zahl von pathogenen Pilzen, insbesondere auch Candida-Arten[4]),[5]). Die günstige Beeinflussung der Candida-albicans-Infektion der weißen Maus ist mehrfach beschrieben[6–9]).

Eigene Versuche. I. In vitro-Versuch. Es standen uns drei verschiedene Versuchschargen des Produktes zur Verfügung. Die Präparate wurden in Propylenglycol unter leichtem Erwärmen gelöst, in Verdünnungen von 3 bis 100 γ/ml einem $2^1/_2$%igen Sabouraudagar ohne Zuckerzusatz (Milieu de conservation) beigemischt und in Platten gegossen. Darauf wurden Strichkulturen aus einer Candida-albicans-Aufschwemmung mit empirisch ermittelter brauchbarer Dichte angelegt. Bebrütet wurde entweder 48 Std bei 20° C oder 24 Std bei 37° C und dann auf Wachstum kontrolliert. Ergebnis:

1. Charge HA-244-G Hemmkonzentration >3, $<10\gamma$/ml,
2. Charge HA-246-KX Hemmkonzentration >3, $<10\gamma$/ml,
3. Charge PG 256; HL-25-G Hemmkonzentration > 30, $<100\gamma$/ml.

Diese Resultate waren reproduzierbar.

II. Tierversuche. Für die Tierversuche stand uns nur die Charge 3 zur Verfügung.

1. Zunächst wurde die Wirkung von Mycostatin bei *subkutaner* Verabreichung geprüft. Eine Gruppe von zehn weißen Mäusen erhielt 0,2 cm³ einer Aufschwemmung von 4 Normalösen einer 24 Std alten, frisch aus einer erkrankten Mäuseniere auf Bierwürzagar gezüchteten Candida-albicans-Kultur **) in 9 cm³ physiologischer Kochsalzlösung intravenös. 2 Std nach der Infektion setzten die Mycostatingaben ein. Die Tiere erhielten 5 Tage lang (mit einer Pause am 4. Tag) zweimal, vom 6. bis 10. Tage einmal täglich 3 mg Mycostatin, gelöst in Propylenglycol-Wasser, subkutan. Als Kontrollen wurden 10 Tiere, die nur Mycostatin erhielten, und 10 Tiere, die nur infiziert wurden, eingesetzt. Tabelle 1 gibt die Zahl der Überlebenden an.

Tabelle 1.

	Tage nach der Infektion										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	22
Myc. K.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9
Inf. K.	10	7	4	4	3	3	2	1	1	0	0
Tiere	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9

Myc. K. = Mycostatinkontrollen; Inf. K. = Infektionskontrollen; Tiere = Zahl der behandelten infizierten Tiere.

Alle infizierten Tiere sahen schon nach wenigen Stunden krank aus. Autoptisch konnten etwa vom 4. Tage nach Infektion an grobweißlich granulierte Nieren und häufig cystenartige Bildungen auf der Leberoberfläche beobachtet werden. In beiden Organveränderungen war Candida albicans kulturell nachzuweisen. Die überlebenden Tiere machten äußerlich einen völlig gesunden Eindruck; es konnten jedoch bei den behandelten Tieren die gleichen Nieren- und Leberveränderungen festgestellt werden wie bei den Infektionskontrollen, und Candida albicans konnte aus den Organen gezüchtet werden.

2. In einer zweiten Versuchsreihe wurde die perorale Wirksamkeit des Präparates geprüft. Das Mycostatin wurde entsprechend den Angaben von HAZEN und BROWN[5]) gelöst. Jedes Tier erhielt einmal täglich 4 mg Mycostatin in Lösung aus einer Tuberkulinspritze. Im übrigen entsprach die Versuchsanordnung derjenigen in der 1. Versuchsreihe. Tabelle 2 gibt die Zahl der Überlebenden an.

Tabelle 2.

	Tage nach der Infektion													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	26
Myc. K.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Inf. K.	10	8	8	7	5	4	4	1	1	1	1	0	0	0
Tiere	10	10	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7

Myc. K. = Mycostatinkontrollen; Inf. K. = Infektionskontrollen; Tiere = Zahl der behandelten infizierten Tiere.

Die pathologisch-anatomischen Veränderungen und mykologischen Befunde bei den spontan gestorbenen Tieren sowie bei den am 26. Tage überlebenden behandelten Tieren waren die gleichen wie bei den subkutan behandelten Tieren.

Diskussion der Versuchsergebnisse und Zusammenfassung. Unsere Versuche zeigen in Übereinstimmung mit anderen Autoren, daß die Sterblichkeit bei der experimentell durch i.v.-Infektion erzeugte Candida-albicans-„Sepsis" der Maus mittels parenteraler bzw. oraler Gaben von Mycostatin entscheidend herabgesetzt werden kann. Es ist allerdings nicht zu übersehen, daß bei der Sektion der Überlebenden, abgesehen von den typischen Organveränderungen, die man möglicherweise als irreversibel ansehen muß, aus den Organen noch Candida albicans gezüchtet werden konnte.

Hauptlaboratorium der Schering A.G., Berlin (West).
H. MILLBERGER und E. BLANK.

Eingegangen am 2. September 1954.

*) Mycostatin wird von der Firma E. R. Squibb & Sons, Division of Mathiesen Chemical Corporation, New York, hergestellt, der wir für die Überlassung von Versuchsmengen des Präparates danken.

**) Für den Stamm und für die Mitteilung der Infektionstechnik haben wir Herrn Prof. Dr. KIMMIG und Herrn Dr. MEYER-ROHN zu danken.

[1]) WEGMANN, T.: Antibiotica et Chemotherapia, Fortschr., Bd. I, S. 235. Basel u. New York: S. Karger 1954.
[2]) GRIMMER, H.: Antibiotica et Chemotherapia, Fortschr., Bd. I, S. 180. Basel u. New York: S. Karger 1954.
[3]) WALTER, A., u. L. HEILMEYER: Antibiotika-Fibel. Stuttgart: Georg Thieme 1954.
[4]) HAZEN, E. L., u. R. BROWN: Science [Lancaster, Pa.] **112** 423 (1950).
[5]) HAZEN, E. L., u. R. BROWN: Proc. Soc. Exp. Biol. a. Med. **76**, 93 (1951).
[6]) BROWN, R., E. L. HAZEN u. A. MASON: Science [Lancaster, Pa.] **117**, 609 (1953).
[7]) HAZEN, E. L., R. BROWN u. A. MASON: Antibiotics a. Chemother. **3**, 1125 (1953).
[8]) KIMMIG, J.: Persönliche Mitteilung.
[9]) STERNBERG, TH. H. u. a.: Antibiotics Ann. **1953/54**, 199.

Gehäuftes Auftreten von Leukämien nach Injektion von Sarkom-Filtraten.

Die nachfolgenden Untersuchungen wurden teils durch die eindrucksvollen Ergebnisse von L. GROSS[1]) über die zellfreie Übertragung der Mäuseleukämie des AK-Stammes, teils durch eigene Resultate aus früheren Versuchen[2]),[3]), in welchen eine erhöhte Quote an Leukämien und Sarkomen nach Behandlung neugeborener Inzuchtmäuse mit Sarkomextrakten beobachtet wurde[2]), angeregt. Es wurden folgende transplantable Mäusesarkome zur Herstellung der Tumorfiltrate benutzt:

1. *S 37.*
2. *Sa 594* (polymorphzelliges Sarkom, das ursprünglich nach Injektion eines zellfreien Extraktes aus S 37 als Spättumor bei einer Inzuchtmaus entstanden war).
3. *Ascites-Sarkom* *).

Extraktbereitung. Homogenisieren des Tumormaterials in Ringer- oder 8%iger Rohrzuckerlösung im Gewichtsverhältnis 1:4 bis 1:10 bei 10000 bis 12000 Touren/min unter Zugabe von neutraler Cystein- und ATP-Lösung. Filtration des

Homogenisates durch G4-Glasfilter von Schott. Teilweise wurde das Filtrat in dieser Form injiziert, zum Teil bei 18000 Touren nochmals zentrifugiert und das resuspendierte Sediment appliziert. Alle genannten Prozeduren wurden bei 0° C in kürzester Zeit und unter anaeroben Bedingungen (N_2) durchgeführt. Die Injektion des Extraktes erfolgte subkutan (0,1 bis 0,2 cm³) bei neugeborenen Mäusen der Stämme Agnes-Bluhm, M und W, teilweise unter Zufügung von Kieselgur.

Das bisher auffallendste Resultat unserer Versuche ist ein stark gehäuftes Auftreten von Leukämien bei den Tieren sämtlicher benutzter Mäusestämme, die mit Extrakten aus dem Ascites-Sarkom behandelt worden sind: 15 Leukämien bei 34 überlebenden Tieren = 44% nach einer durchschnittlichen Latenzzeit von 188 Tagen. Im Gegensatz hierzu ist in den Serien Sa 594**) und S 37 (insgesamt 104 überlebende Tiere) bisher trotz gleichen Tiermaterials, gleicher Versuchsanordnung und Überlebensdauer (7 Monate) noch kein Leukämiefall beobachtet worden. Das positive Resultat in der Ascites-Sarkom-Serie ist sowohl gegenüber den beiden bis jetzt noch negativen Serien (Sa 594 und S 37) als auch beim Vergleich mit unbehandelten Kontrolltieren der gleichen Herkunft (< 2% spontane Leukämien bei 300 Tieren, älter als 9 Monate) statistisch gesichert. Es handelt sich um Leukämien, von der fast alle Lymphknoten (vor allem Hals, Mesenterium und Axilla) und außerdem Milz, Leber und Blut befallen werden. Die Milz und die Lymphdrüsen weisen durchschnittlich eine 5- bis 6fache Gewichtssteigerung auf. Bei $^2/_3$ der Leukämien zeigt das lymphatische Gewebe eine grünliche Verfärbung im Sinne einer Chloroleukämie.

Zur Frage der ursächlichen Beziehungen zwischen der Leukämiebildung und der Injektion des Sarkomfiltrates seien folgende Gesichtspunkte hervorgehoben. Eine zelluläre Tumorübertragung kann auf Grund der Tatsache, daß ein Sarkomextrakt zu einer eindeutigen Leukämie führte, und in Anbetracht der langen Latenzzeit (> als 5 Monate) mit größter Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Es müssen daher folgende drei Möglichkeiten in Erwägung gezogen werden:

1. Ein subzelluläres, filtrierbares Agens der Ascites-Sarkom-Zellen ist in der Lage, unter besonderen Bedingungen eine Leukämie hervorzurufen.

2. Dem benutzten Sarkom-Ascites-Tumor haftet ein spezifisches Leukämie-Agens an, ohne kausale Beziehung zu den Sarkomzellen. In ähnlicher Weise interpretiert Gross die Bildung von Speicheldrüsen-Carcinomen nach Injektion von Leukämiefiltraten.

3. Durch die massive Verabfolgung von Sarkom-Ascites-Extrakten wurde der Organismus der neugeborenen Maus in einer noch unbekannten Weise (Schädigung bestimmter Fermente, Änderung der immunologischen Reaktionslage) nachhaltig alteriert, wobei als Spätfolge eine Leukämie (starker Anstieg der Spontanquote?) resultiert.

In der vorliegenden Form ist unser Bericht als eine vorläufige Mitteilung zu betrachten. Neue Experimente, die zur Zeit im Gange sind, sollen zur weiteren Aufklärung und Sicherung unserer Resultate dienen und möglicherweise auch zur Korrektur eventueller Fehlermöglichkeiten, die wir gegenwärtig noch nicht völlig zu übersehen vermögen.

Institut für Medizin und Biologie der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Direktor: Prof. Dr. W. Friedrich), *Abteilung für biologische Krebsforschung (Leiter: Prof. Dr.* A. Graffi).

A. Graffi, H. Bielka, F. Fey, F. Scharsach und R. Weiss.

Eingegangen am 8. September 1954.

*) Dieses polymorphzellige Sarkom wurde uns von Herrn Dr. Ch. Landschütz als solider Tumor (Sa I) in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt.

**) In dieser Serie konnten bisher vier andersartige Spättumoren (3 Sarkome, 1 Hepatom) registriert werden.

[1]) Gross, L.: Cancer 3, 6 (1950); 6, 1, 5, 6 (1953). — Proc. Soc. Exp. Biol. a. Med. 78, 1 (1951).

[2]) Graffi, A., u. F. Schmidt: 1952 bis 1953, unveröffentlicht.

[3]) Graffi, A., u. F. Scharsach: Urania 14, 150 (1951).

Über die Entstehung von lymphoiden Tumoren bei Experimenten auf Basis der Induktionstheorie der Krebsentstehung.

Unter dem Begriff der Induktionstheorie der Krebsentstehung hatte ich in meiner 1953 erschienenen Monographie[1]) alle diejenigen Befunde und Ergebnisse systematisch zusammengefaßt und untermauert, welche die Rolle eines subzellulären Tumoragens als gemeinsame innere Ursache bei allen Krebsen von Mensch und Tier stützen. Dieses Tumoragens, das wir ganz unspezifisch Induktor, also Veranlasser nennen wollen, entsteht nach dieser Vorstellung in der Zelle selbst als Folge einer Stoffwechselstörung durch die Einwirkung äußerer Reize, wobei es gleichgültig ist, welche indirekte Noxe eingewirkt hat, ob kanzerogene Stoffe oder irgend eine andere krebsauslösende Schädigung. Die Frage nach der Herkunft dieses Induktors, der ja aus einem in der Zelle präformierten Teil hervorgehen muß, wurde dabei als sekundäres Problem bis zum endgültigen Nachweis der Existenz dieses Agens zurückgestellt.

Die Ursache der zahllosen, bisher fast ausnahmslos negativ gebliebenen Versuche, einen derartigen Induktor auch für Säugetiertumoren nachzuweisen, werden in dieser Monographie auf die unzureichende Beachtung vor allem von drei ausschlaggebenden Faktoren bei den bisherigen Experimenten in dieser Richtung zurückgeführt. Diese drei Grundsätze, die zum ersten Male in dieser Schärfe und Deutlichkeit bei homologen Übertragungsversuchen dieser Art herausgestellt wurden, lauten:

1. Grundsatz. Der auftretende Tumor entsteht bei Versuchen mit Säugetiersubstraten nicht an der Injektionsstelle, sondern an der Stelle der stärksten Lokal- oder Organdisposition, die überall gegeben sein kann.

2. Grundsatz. Es sind nicht nur histologisch mit dem Ausgangstumor übereinstimmende Tumoren bei der Auswertung zu berücksichtigen, sondern grundsätzlich alle auftretenden Geschwülste, unabhängig von ihrer histologischen Struktur.

3. Grundsatz. Bei Versuchen mit Säugetiertumoren entsteht der induzierte Tumor nicht wie beim Rous-Sarkom nach einigen Tagen oder spätestens Wochen, sondern mit langer Latenzzeit, unter Umständen erst nach vielen Monaten.

Als einziges gültiges Kriterium wird die statistische Sicherung, was die Zahl der auftretenden Tumoren angeht, im Vergleich zu den Kontrolltieren anerkannt. Auf Einzelheiten und Begründungen kann hier nicht eingegangen werden. Erst die *konsequente* Berücksichtigung dieser in meiner Monographie klar herausgestellten Kriterien ermöglichte einige zunächst zwar noch nicht voll beweiskräftige, aber doch beachtenswerte Befunde[2]), die in gemeinsamen Versuchen mit A. Graffi auftraten.

Sobald ich die Möglichkeit dazu hatte, begann ich gleichlaufend mit diesen Versuchen mit selbständigen systematischen Untersuchungen auf der Basis der Induktionstheorie. Später wurden auch von A. Graffi u. Mitarb. in erster Linie auf Grund der in den gemeinsamen Experimenten aufgetretenen Befunde diese Versuche unter strenger Beachtung der angeführten, in meiner Monographie niedergelegten Grundsätze weitergeführt, wobei ebenfalls schon positive Resultate erzielt werden konnten. Über meine bisherigen Ergebnisse habe ich im Kolloquium der Deutschen Akademie der Wissenschaften berichtet[3]). Eine ausführliche Darstellung, vor allem auch der verwendeten Methodik, ist im Druck[4]). Kurz zusammengefaßt waren die Ergebnisse folgende: Es gelang bei Verwendung von 17-G-4-Glasfilternutschen (Zeiß), für *vier* verschiedene mesenchymale Transplantationstumoren trotz zum Teil nicht sehr großer Tierzahlen in eindeutiger statistischer Sicherung Leukämien und Lymphosarkome zu induzieren. Das herausragende Ergebnis war jedoch: Bei 89 Inzuchtmäusen, die als Säuglinge mit Ehrlich-Karzinomfiltrat injiziert worden waren, traten im Mindestalter von 4 Monaten 44 = 49,4% Leukämien und Lymphosarkome auf. Legt man das Mindestalter auf 6 Monate, traten unter 52 Mäusen 34 lymphoide Tumoren auf = 65,4%. Bei 729 unbehandelten Kontrolltieren des gleichen Inzuchtstammes traten 13 Leukämien = 1,8% auf. Das entspricht also einer mindestens 36fachen Steigerung, obzwar es sich um Teilergebnisse nicht nur insofern handelt, weil der größte Teil der Tiere, die das eigentliche Krebsalter von mindestens einem Jahr erreichen, noch lebt, sondern auch, weil vorläufig nur die Leukämien und Lymphosarkome berücksichtigt wurden. Eine Berücksichtigung aller Tumoren soll später erfolgen.

Dieses Ergebnis wird als direkter Beweis für die Induktionstheorie der Krebsentstehung ausgelegt, weil es dadurch zum ersten Male gelungen ist, auch für Säugertumoren, für die niemand eine Sonderstellung konstruieren kann, vor allem auch epithelialen Ursprungs wie beim Ehrlich-Ca, die Existenz eines subzellulären Induktors als Generalnenner der Krebsentstehung nachzuweisen. Darüber hinaus wird gerade durch das Auftreten von lymphoiden Tumoren die ätiologi-

sche Einheit zwischen epithelialen und mesenchymalen Geschwülsten im Sinne der Induktionstheorie der Krebsentstehung unterstrichen.

Aus der Geschwulstklinik und der Abteilung für Biologische Krebsforschung des Instituts für Medizin und Biologie der Deutschen Akademie der Wissenschaften, Berlin-Buch (Direktor: Prof. Dr. W. FRIEDRICH). FERDINAND SCHMIDT.

Eingegangen am 8. September 1954.

[1]) SCHMIDT, FERD.: Über die Virustheorie — Induktionstheorie — der Krebsentstehung. Dresden u. Leipzig: Theodor Steinkopff 1953.
[2]) GRAFFI, A., u. FERD. SCHMIDT: Dtsch. Gesundheitswesen (im Druck).
[3]) SCHMIDT, FERD.: Dtsch. Gesundheitswesen (im Druck).
[4]) SCHMIDT, FERD.: Z. Krebsforsch. (im Druck).

Untersuchungen am Yoshida-Tumor.

Der YOSHIDA-Tumor der Ratte hat in der Krebsforschung ein spezielles Interesse erlangt, da dieser Tumor bei 55 von 100 Impfungen mit einer einzelnen Zelle auf Ratten übertragbar ist [vgl. die zusammenfassende Beschreibung des Tumors bei [1])]. Wir haben Untersuchungen über das Verhalten dieses Tumors bei der Explantation durchgeführt. Der in fester Form auf der Ratte gezüchtete Tumor wurde in CARREL-Flaschen in einem Gemisch von Hühnerplasma, menschlichem Plazentarserum und Embryonalextrakt explantiert. Hierbei kommt es zu einem Auswachsen von im wesentlichen zwei Zelltypen: fibroblastenartige Zellen, auf denen sich Zellen mit starker Eigenbeweglichkeit befinden. In Zeitrafferfilmaufnahmen konnten wir die Eigenbewegung dieser zweiten Zellart und zugleich ihre ausgeprägte mitotische Aktivität feststellen. Trotz ihrer großen Eigenbeweglichkeit, die sie zum Zurücklegen beliebiger Entfernungen befähigen würde, verlassen diese Zellen nicht die Unterlage der fibroblastenartigen Zellen. In dieser Kombination der beiden Zellarten ließ sich der YOSHIDA-Tumor bisher 10 Monate lang in ständigen Passagen in vitro züchten. Die beweglichen Zellen lassen sich von den fibroblastenartigen Zellen mechanisch abtrennen und zeigen isoliert zunächst lebhafteste Beweglichkeit und starke mitotische Tätigkeit [Figur s. bei [2])]. Jedoch ist es nicht möglich gewesen, diese isolierten beweglichen Zellen länger als 9 bis 10 Tage in vitro überlebend zu erhalten. Fügt man die isolierten beweglichen Zellen zu Gewebekulturen von Rattenfibroblasten, die aus normalen Organen stammen, so bleiben sie wiederum auf dem Wachstumsareal der Fibroblasten und sind in dieser Kombination wieder über Monate in vitro züchtbar. Die isolierten beweglichen Zellen führen schon mit geringer Zellzahl bei der Transplantation auf Ratten zur Ausbildung von Tumoren; sie sind also als die eigentlich malignen Zellen anzusehen. Ob die fibroblastenartigen Zellen, die bei der Explantation des festen YOSHIDA-Tumors auswachsen, ebenfalls maligne sind, vermögen wir bisher nicht zu entscheiden. Die sicher malignen, beweglichen Zellen sind aber allein nicht unter den Bedingungen der Gewebezüchtung über längere Zeit züchtbar, sondern nur in einer Symbiose mit anderen Zellen, die normale Zellen sein können. Wie uns Professor YOSHIDA, Tokio, mitteilte, ist es bisher nicht möglich gewesen, die Zellen des in Ascitesform gezüchteten YOSHIDA-Tumors über längere Zeit in vitro zu vermehren; hier könnte also die notwendige zweite Zellart nicht mit explantiert worden sein. Vergleichbare Beobachtungen hat J. BICHEL[3]) bei der Züchtung einer Mäuseleukose in vitro gemacht, wobei jedoch die zugesetzten Fibroblasten von den Tumorzellen in einigen Tagen zerstört werden. Im Falle des YOSHIDA-Tumors besteht jedoch ein Gleichgewicht zwischen beiden Zellarten, also eine echte Symbiose. Die Tatsache, daß ein Tumor zu seinem unbegrenzten Wachstum in vitro die Anwesenheit normaler Zellen benötigen kann (und somit möglicherweise auch in vivo), führt zu einer Einengung des Begriffes der Autonomie der Tumoren. Zur Charakterisierung des ungehemmten und destruktiven Wachstums innerhalb eines Organismus kann dieser Begriff im deskriptiven Sinne verwendet werden. In biochemischer Hinsicht aber mehren sich die Hinweise, daß die Tumorzelle nicht autonom, sondern abhängig von den Stoffwechselleistungen anderer normaler Zellarten sein kann.

Institut für Experimentelle Krebsforschung der Universität Heidelberg. HANS LETTRÉ und ANNELIES SCHLEICH.

Eingegangen am 24. September 1954.

[1]) LETTRÉ, H.: Z. Krebsforsch. **59**, 287 (1953).
[2]) LETTRÉ, H., u. A. SCHLEICH: Protoplasma **1954** (im Druck).
[3]) BICHEL, J.: Diss. Aarhus, Dänemark 1939.

Development of Amenenic Leaf in Tobacco.

During the investigation of trashy leaf occurrence in Australian grown flue-cured tobacco, some evidence was obtained to suggest that natural shading in the field and cloudy weather contribute to the development of leaf of unsuitable chemical composition for curing[1]). The weight of dry leaf per unit area is less than for a leaf which does not become trashy on curing. When quickly dried the leaf exhibits greatly reduced or even no fluorescence under U.V. light (360 mμ)[2]). It comes from well grown, tall plants with well developed leaves which appear somewhat glossy, succulent and smooth, particularly on the underside, and almost devoid of gumminess. The green colour of the leaf when "ripe" could vary, depending on the level of available nitrogen in the soil.

The striking characteristics of this leaf are the low hexose carbohydrate food reserves and the high nitrogen content relative to the sugar content. These characters can change rapidly with environmental conditions, and as there is no term to describe this type of leaf, and also to eliminate ambiguity between cured and uncured states, it will be referred to as amenenic. Amenenic is an adjective derived from the Greek word amenenos, used by a Greek botanist, Theophrastus, to describe weak and delicate leaves and shoots. (Historia Plantarum, III, IX, I; de Causis Plantarum, III, XIV, 5). The amenenic leaf does not flue-cure into a good product, as there is a further loss of its already depleted sugar reserves during curing. The yellow pigments are lost. The cured leaf is brown and brittle (trashy leaf), does not absorb or retain moisture readily, and shatters during handling. The trashy leaf is a complete loss to the grower.

Experiments were carried out in North Queensland in 1950 to assess the effect of shading on composition and development of amenenic leaf. Two rows of plants in a commercial crop were shaded four days before the harvesting period to simulate the usual shading which occurs in the field in high, closely planted crops. Extra light was made available to another three rows of plants. This was achieved by bending over every second plant at the base four days before harvesting, making a 30° angle with the surface of the ground. It is considered that this treatment did not seriously affect competition for water and nutrients. Two rows of plants were used as controls. Total hexose sugars were determined by the anthronation procedure[3]) and the other analytical methods used have been described previously[1]).

The accompanying Table 1 shows the significant effect of extra light and shading on the composition and development of amenenic leaf, and the proportions of cured types obtained from the three treatments. Shaded leaves from the higher positions had about 10 percent of sugar reserve, while corresponding leaves with extra light had 40 percent. The percentage nitrogen in the shaded leaves was much higher than in leaves from the other treatments, and was also significantly higher in leaf from the commercial spacing than from the rows where extra light was provided.

Table 1. *Effect of extra light and of shading on the composition of uncured leaf and on the incidence of trashy leaf.*

Treatment	Composition of uncured leaf *)			Quality categories of cured leaf **)		
	total sugars (%)	total-N (%)	total sugars/N (%)	good (%)	semi-trashy and green (%)	trashy (%)
Extra light	37·9	1·58	24·1	96	4	0
Commercial spacing	31·3	1·84	16·8	55	34	11
Shaded.	14·5	2·72	5·60	0	12	88

*) Each value is the mean for 2 rows of plants and 12 leaf positions for each row, making 24 samples in all.
**) Semi-trashy leaf is papery and thin with a low content of yellow pigments. Green leaf occurred to the extent of 2—3% only.

The usefulness of the carbohydrate/nitrogen ratio as an index or coefficient of curing properties of leaf is clearly evident. Thus in amenenic leaf the coefficient values are low and the leaf is not suitable for curing. With high values, good quality leaf is produced. The commercial crop produced 11 percent of trashy leaf and a comparatively large proportion (34 percent) of semi-trashy leaf when cured. With an adverse

change in weather conditions such leaf could have sustained further sugar losses and become fully amenenic. From the experimental data obtained it is concluded that natural shading occurring in tobacco crops is an important factor in the development of amenenic leaf. The results obtained would explain the remarkable suddenness with which amenenic leaf appears with the onset of cloudy weather.

Division of Plant Industry, C.S.I.R.O., Canberra.

Eingegangen am 14. September 1954. R. JOHANSON.

[1]) JOHANSON, R.: Austral. J. Sci. Res. B **4**, 231 (1951).
[2]) JOHANSON, R.: Nature [London] **171**, 753 (1953).
[3]) JOHANSON, R.: Analyt. Chemistry **26**, 1331 (1954).

Über die Aufnahme von radioaktivem Schwefel (^{35}S) bei einigen Kulturpflanzen.

Zum Studium verschiedener Fragen in der Pflanzenernährung werden heute mit Erfolg immer mehr künstlich radioaktive Isotope angewendet. Auf Grund der Strahlung kann der Weg eines Elementes in der Pflanze auf einfache Weise verfolgt werden. Radioaktiver Schwefel (^{35}S) ist ein schwacher β-Strahler mit einer Halbwertszeit von 87,1 Tagen; er eignet sich deshalb sehr gut für derartige Studien.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1 u. 2. Verteilung von radioaktivem Schwefel in den Pflanzenteilen. Fig. 1. Gerstenpflanze; Fig. 2. Bohnenpflanze, die 24 Std einer ^{35}S-Ernährung ausgesetzt waren.

Die Aufnahme von markiertem Schwefel wurde bei Gerste, Bohnen und Kartoffeln verschiedener Wachstumsstadien untersucht. Nachdem die Pflanzen in Wasserkultur (Nährlösung v. d. CRONE) herangezogen waren, wurden diese in eine Nährlösung umgesetzt, in der Schwefel als ^{35}S vorlag (die radioaktive Substanz wurde vom Isotopenlaboratorium der M. F. G. Göttingen bezogen). Nach verschiedenen Aufnahmezeiten wurden die Pflanzen geerntet, gepreßt und im Trockenschrank getrocknet. Durch Kontaktautoradiographie wurde die Verteilung von ^{35}S in den Pflanzenteilen verfolgt. Fig. 1 und 2 zeigen die charakteristische Verteilung von radioaktivem Schwefel in den einzelnen Pflanzenteilen. In den jungen Blättern ist der größte Teil des aufgenommenen ^{35}S in den Interkostalfeldern zu finden, die Leitungsbahnen zeigen schwächere Strahlung. Im entwickelten älteren Blatt ist es gerade umgekehrt. Die gleichen Erscheinungen konnten auch bei der Kartoffelpflanze beobachtet werden.

Bei Versuchen über die zeitliche Aufnahme war nach 5 Std radioaktiver Schwefel in der ganzen jungen Pflanze verteilt; bei älteren war dies nach 12 Std der Fall. Erfolgte die Ernährung mit ^{35}S über das oberste Blatt, so zeigte sich nach 24 Std eine Verteilung auch gegen den Transpirationsstrom, ausschließlich in die jungen Blätter. Während in der Blüte radioaktiver Schwefel gleichmäßig verteilt ist, findet er sich in der Frucht vorwiegend in der Aleuronschicht angereichert. Das Endosperm zeigt gleichmäßig schwache Strahlung. In der Gerstenähre findet sich in den Grannen, der Kornansatzstelle, den Spitzen der reduzierten Seitenährchen und der Basalfläche höhere Aktivität. Werden ^{35}S-behandelte Pflanzen wieder in gewöhnliche Nährlösung zurückgesetzt, so wird ein Teil des aufgenommenen ^{35}S wieder in die Nährlösung abgegeben. Die Ausscheidung ist bei Gerste geringer als bei Bohnen und Kartoffeln. Stoffwechseluntersuchungen mit Hilfe der Papierchromatographie und Radioautographie ergaben immer eine starke Strahlung im Methionin, eine schwächere bei Cystin und Aneurin.

München-Weihenstephan, Institut für Agrikulturchemie der Technischen Hochschule. ED. HOFMANN und A. SÜSS.

Eingegangen am 16. September 1954.

Übertragung des Rübengelbsucht-Virus (Corium betae) mit Hilfe von Cuscuta.

Im letzten Jahrzehnt wurde mehrfach von erfolgreicher Übertragung pflanzenpathogener Viren mit Hilfe von Cuscuta-Arten berichtet[1]). Im Rahmen von Untersuchungen, welche von U. BEISS an anderer Stelle veröffentlicht werden, wurde versucht, auch das Virus der Rübengelbsucht mit Hilfe einer Cuscuta-Brücke zu übertragen. Hierzu wurde Cuscuta Gronovii auf Filterpapier vorgekeimt. Die Sämlinge wurden unter strengem Ausschluß von Blattläusen an eine gelbsuchtkranke Rübe angesetzt. Sobald die Haustorien ausgebildet waren, wurde eine Brücke zu gesunden Rüben hergestellt. 6 Wochen nachdem sich auch an diesen Haustorien ausgebildet hatten, wurde die Verbindung gelöst, um eine weitere Beschädigung der Rüben durch die Parasitenpflanzen zu vermeiden. Zur Kontrolle des Infektionserfolges wurden die infizierten Rüben mit virusfreien Myzodes persicae besetzt und Übertragungen auf weitere Rüben vorgenommen. Alle 8 Rübenpflanzen, welche durch Cuscuta-Brücken mit der Ausgangspflanze verbunden waren, erwiesen sich bei der Versuchsanstellung als gelbsuchtinfiziert. Dadurch ist die Übertragung des Rübengelbsucht-Virus mit Hilfe von Cuscuta Gronovii nachgewiesen.

Aus dem Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Göttingen, und dem Forschungsinstitut der Kleinwanzlebener Saatzucht, Einbeck. W. H. FUCHS und U. BEISS.

Eingegangen am 14. September 1954.

[1]) Vgl. KÖHLER, E., u. M. KLINKOWSKI: Handbuch der Pflanzenkrankheiten, 2. Aufl. Bd. 2, S. 262ff. Berlin: P. Parey.

Dauertänze im Bienenstock und ihre Beziehung zur Sonnenbahn.

Zur Richtungsorientierung wird von den Bienen ausgiebig die Sonne als Kompaß benützt. Da der Sonnenabstand sich aber mit der Tageszeit ändert, muß — wenn man nach der Sonne steuern will — auch die *Zeit* einkalkuliert werden. Das tun die Bienen, wie durch geeignete Versetzungsversuche bewiesen werden konnte[1]),[2]),[4]). Daß Bienen über den Verlauf der Sonnenbahn auch dann recht gut Bescheid wissen, wenn ihnen der Ausblick zum Himmel verwehrt ist, haben folgende Beobachtungen gezeigt: Tanzende Bienen beziehen sich bei ihrer Richtungsangabe auf den jeweiligen Sonnenstand. Da in der Regel der Tanz sofort einem erfolgreichen Sammelflug folgt und nur einige Sekunden, bestenfalls ein paar Minuten andauert, fällt die Richtungsangabe beim Tanz mit dem Sonnenazimut, das die Biene bei ihrem Ausflug hatte wahrnehmen können, praktisch zusammen. Gelegentlich treten in einem Stock aber auch *Dauertänzerinnen* auf. Davon waren bisher zwei Fälle bekannt: der erste wurde von mir im Sommer 1949, der zweite von HAIDL im Sommer 1953 vermerkt[2]),[3]). Diese Dauertänzerinnen hatten stundenlang ohne neuerlichen Ausflug ihren Tanz fortgesetzt und dabei entsprechend der Änderung des Sonnenstandes fortlaufend ihren Tanzwinkel entgegen dem Uhrzeigersinn geändert — auch wenn ihnen, wie es im zweiten Fall zuverlässig geschah, der Ausblick zum Himmel verdeckt war.

Im vergangenen Sommer gelang es mir, durch geeignete methodische Eingriffe Dauertänze in größerer Zahl auszulösen. So machte es keine besondere Schwierigkeiten, tagsüber für mehrere Stunden Dauertänze zu bekommen und dabei die früheren Befunde, daß beim Dauertanz der Gang der Sonne einkalkuliert wird, zu bestätigen. Einzelheiten zur Methodik

sowie zu der Frage, wie es denn eigentlich kommt, daß manche Bienen solche Dauertänze aufführen, sollen an anderer Stelle mitgeteilt werden. — Immer handelt es sich bei den Dauertänzerinnen um *Spurbienen*, die irgendwo einen geeigneten Nistplatz entdeckt haben und daraufhin im Stock über ihren Fund Meldung machen. In einigen Fällen gelang es aber auch, einen Dauertanz zu registrieren, der sich *von einem Tag auf den anderen* erstreckte. Fig. 1 gibt dazu ein Beispiel: Die Biene Nr. 106 hatte am 20. 6. um 10.15 Uhr einen Tanz aufgeführt, dessen Schwänzellauf 51° rechts von der Senkrechten nach oben zeigte; ihr Ziel lag also im SSW. Das Flugloch wurde jetzt geschlossen und das Volk in einen völlig dunklen Keller gestellt. Am nächsten Morgen um 3.00 Uhr stellte ich es in ein Zimmer, das nach außen abgedunkelt war; die Bienen hatten während der nun folgenden Beobachtungsstunden nur Ausblick auf eine diffus beleuchtete kalkbestrichene Zimmerwand. Um 7.18 Uhr setzte die Biene — bei geschlossenem Flugloch — ihren Tanz vom Vortag fort; ihr Tanzwinkel, bezogen auf den jetzigen Sonnenstand, zeigte wieder die Süd-Südwest-Richtung an, und zwar gegenüber dem Vortag mit

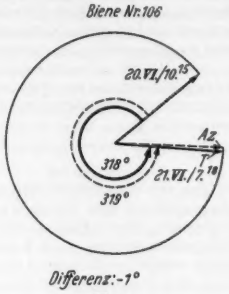


Fig. 1.

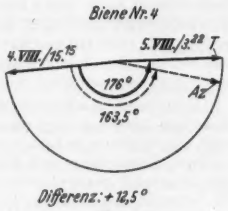


Fig. 2.

Fig. 1. Der Dauertanz der Biene Nr. 106: Über einen Zeitraum von 21 Std wurde bei verschlossenem Flugloch und ohne Ausblick auf den Himmel die Sonnenbahn auf ein Grad genau einkalkuliert. Die Biene hatte in dieser Zeit ihren Tanzwinkel um 318° (ausgezogene Pfeile) geändert; im gleichen Zeitraum betrug der Bogen des Sonnenazimutes 319° (gestrichelte Pfeile).

Fig. 2. Die Richtungsangabe einer Nachttänzerin. Auch bei diesem nächtlichen Tanz bezog die Biene Nr. 4 die Richtung ihres Schwänzellaufes (ausgezogene Pfeile) auf den Sonnenstand, der für sie aber niemals vorher sichtbar gewesen sein konnte.

Tabelle 1. *Richtungsangaben von Dauertänzerinnen, die ihren Tanz von einem Tag auf den andern fortgesetzt hatten, ohne daß sie inzwischen ausgeflogen waren und ohne daß sie Ausblick zum Himmel hatten.*

Volk[1]) und Nr. der Biene	Tanz vor Absperren des Flugloches			Dauertanz am nächsten Morgen		ΔA der Sonne[3])	Fehler
	Tag und	Zeit	TW[2])	Zeit	TW[2])		
WV 106	20. VI.	10.15	51 R	7.18	93 R	319	− 1°
WV 6	20. VI.	8.57	24 R	7.28	42 R	342	+ 0,5°
WV 66	22. VI.	13.00	35 L	7.32	70 R	243	+ 12°
WV 1 W	24. VI.	17.10	115 L	7.14	68 R	168	+ 7°
WV 12	25. VI.	19.25	81 L	7.04	100 R	144	+ 35°
WV 101	25. VI.	19.15	87 L	7.39	90 R	151,5	+ 31,5°
WV 9	11. VII.	16.00	66 L	7.45	102 R	182,5	+ 9,5°
WV 4	11. VII.	16.00	66 L	8.00	94 R	184	+ 16°
WV Fl. G	12. VII.	14.15	0	5.31	155 R	195,5	+ 9,5°
WV 99	14. VII.	14.25	4 L	5.25	160 R	188,5	+ 7,5°
WV 5	14. VII.	15.00	11 L	6.00	165 R	187	− 3°
PV 9	18. VI.	17.50	15 R	6.52	140 L	157,5	− 2,5°
PV 2	24. VI.	19.00	97 L	7.24	81 R	151,5	+ 31,5°
PV 7	26. VI.	13.15	84 L	8.50	5 L	256,5	+ 14,5°
ZV 1	4. VIII.	13.30	79 R	8.05	141 L	214	+ 6°
QV 4	5. VIII.	17.15	68 L	5.25	119 R	159	+ 14°
QV 7	5. VIII.	17.15	68 L	5.28	121 R	160	+ 15°
QV 32	5. VIII.	16.00	44 L	5.41	124 R	178	+ 13°
QV 2	5. VIII.	17.15	68 L	5.56	120 R	165	+ 7°
QV 82	5. VIII.	14.00	24 L	5.56	122 R	213	+ 1°

[1]) WV = Weichselbaumvolk; PV = Pflaumenbaumvolk; ZV = Zweiwabenvolk; QV = Quittenvolk.

[2]) TW = Tanzwinkel. 51 R (bzw. 51 L) bedeutet einen Tanz, dessen Schwänzellauf 51° rechts (bzw. links) von der Senkrechten nach oben zeigt.

[3]) ΔA = Änderung des Azimuts der Sonne.

einer Abweichung von 1°. Ihr Tanzwinkel hatte sich um 318°, der Azimutwinkel in der gleichen Zeit um 319° geändert. Sie hatte also recht genau für den erheblichen Zeitraum von 21 Std die „Wanderung" der Sonne einkalkuliert — ohne Ausblick auf die Sonne und auf das Himmelszelt gehabt zu haben.

Ich konnte insgesamt 20 solche Dauertänze registrieren, die sich von einem Tag auf den nächstfolgenden ausdehnten; Tabelle 1 gibt dazu die entsprechenden Daten.

Die bisher aufgeführten Dauertänze wurden — was biologisch durchaus sinnvoll ist — während der Nachtstunden unterbrochen. Einmal sah ich aber eine Biene unter sonst gleichen Bedingungen auch *bei Nacht tanzen*. Aus Fig. 2 ist ersichtlich, daß selbst diese Nachttänzerin ziemlich genau über den nächtlichen Sonnenstand orientiert war. Ihr Tanzwinkel wich von der Änderung des Sonnenazimutes lediglich um 12,5° ab. Die Biene setzte dann von 3,22 Uhr bis 5.20 Uhr ihren Tanz fort, und von jetzt ab hielt sich ihr Tanzwinkel auf ein Grad genau an den laufend sich ändernden Sonnenstand.

Nun haben unsere Bienen noch nie etwas in Erfahrung bringen können, wie die Sonnenbahn bei Nacht verläuft. Ob sich zu dieser Fähigkeit der Bienen, den Sonnenstand auch zur Nachtzeit anzuzeigen, eine Erklärung finden läßt, müssen erst künftige Untersuchungen zeigen.

Zoologisches Institut der Universität München.

MARTIN LINDAUER.

Eingegangen am 17. September 1954.

[1]) FRISCH, K. v.: Experientia [Basel] **6** (1950).
[2]) FRISCH, K. v.: Verh. dtsch. zool. Ges. **1952**.
[3]) FRISCH, K. v.: Vortrag auf dem Coll. internat. über den Instinkt. Paris 1954.
[4]) FRISCH, K. v., u. M. LINDAUER: Naturwiss. **41**, 245 (1954).

Einfluß der nichtbelichteten Retina auf das Gleichgewichtsverhalten von Fischen.

Schwarze Tetras (Gymnocorymbus Ternetzii) verhalten sich bei Licht von oben anders, wenn ein Auge durch eine

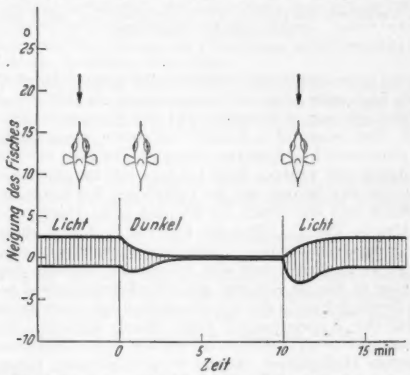


Fig. 1. Einstellung um die Linksachse bei 15 Fischen einen Tag nach Aufsetzen der Augenklappe.

Kappe verdunkelt (1), als wenn es durch Opticusdurchtrennung oder Entäugung geblendet wird (2). Im letzten Fall (2) zeigen sie eine mit der Helligkeit zunehmende Neigung um die Längsachse zur Augenseite, kippen nach Verdunkelung vorübergehend zur blinden und bei Wiederbelichtung zur Augenseite. Bei Fischen mit Augenkappe fehlen diese Reaktionen.

Im Versuchsgefäß unter definierten Lichtverhältnissen, wo die Fische in einem Käfig gegen die Wasserströmung schwimmen und ihre jeweilige Einstellung um die Längsachse auf 1° genau gemessen werden kann [Methodik[1])], wurde das Verhalten quantitativ in der Reihenfolge geprüft: Dauerbelichtung von oben (Leuchtfläche mit einer Winkelbreite von 20°), 10 min Dunkelheit (bzw. schwaches Licht von vorn, das ohne Einfluß auf die Fischeinstellung ist); anschließend wieder Oberlicht wie zuvor. Fig. 1 zeigt die Einstellung um die Längsachse bei 15 Fischen von etwa 3 cm Länge einen Tag nach Aufsetzen der Augenkappe; Fig. 2 zeigt das Verhalten der *gleichen* 15 Exemplare einen Tag nach einseitiger chirurgischer Blendung. Die Kurvenbreite entspricht der doppelten

durchschnittlichen Abweichung der 15 Einzelwerte. Die Fische mit Augenkappe (Fig. 1) stehen im Oberlicht mit einiger Streuung aufrecht, im Dunkeln nach einigen Minuten genau aufrecht, bei Wiederbelichtung (nach gelegentlicher geringer Auslenkung zur, mit minus bezeichneten, Kappenseite) wiederum aufrecht. Einseitig entäugt, stehen sie bei Oberlicht (der verwendeten Helligkeit) um 5° zur Augenseite geneigt, kippen im Dunkeln bis 7° zur blinden (minus-) Seite, richten sich langsam wieder auf und stehen nach etwa 5 min genau aufrecht. Bei Wiederbelichtung kippen sie um 18° zur sehenden (plus-) Seite und kehren, in spiegelbildlichem Kurvenverlauf, in etwa 7 min zur Ausgangslage zurück. Das Ausmaß dieser zweiten, positiven Reaktion nimmt übrigens gesetzmäßig ab mit Verkürzung der Dunkelzeit.

Da die äußere Reizfolge in beiden Fällen (1 und 2) identisch ist, so ergibt sich aus dem sehr verschiedenen Verhalten der Fische, daß die Daueraktivität der *nichtbelichteten Retina* eine wesentliche *stabilisierende* („puffernde") Rolle in der

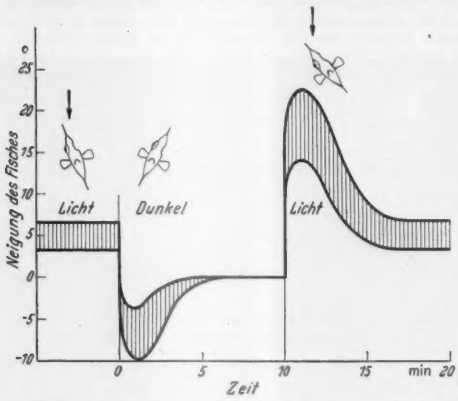


Fig. 2. Verhalten der *gleichen* 15 Fische einen Tag nach einseitiger chirurgischer Blendung.

gesamten optischen Gleichgewichtsapparatur spielen muß. Der Schluß liegt nahe, daß nach einseitigem Ausfall der Retina die Fähigkeit zur Adaptation auf der Gegenseite stark abnimmt. Der einseitig entäugte, belichtete Fisch muß dann gegen eine optisch induzierte, dauernde Neigung zur sehenden Seite durch eine zentrale Drehtendenz mit entgegengesetztem Vorzeichen anarbeiten, die bei plötzlicher Verdunkelung rein hervortritt und den Fisch zur blinden Seite kippt (negativer Ausschlag in Fig. 2). Wird der Fisch nach Abbau dieses zentralen kompensatorischen Ungleichgewichts wieder belichtet, so kippt er zunächst weit zur Augenseite herüber (positiver Ausschlag in Fig. 2), um erst mit dem Wiederaufbau der zentralen Drehtendenz in die ursprüngliche Lage zurückzukehren. Da, wie der Kurvenverlauf zeigt, dieser zentrale „Ersatz"-Mechanismus träge arbeitet, so ist die Schnellanpassung an wechselnde Helligkeiten, die der intakte, einseitig Kappen-geblendete Fisch in so vollkommener Weise zeigt, erloschen. Soweit sich bis jetzt beurteilen läßt, ist dieser Ausfall irreversibel.

Wilhelmshaven, Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie.

ERICH VON HOLST.

Eingegangen am 17. August 1954.

[1]) HOLST, E. v.: Z. vergl. Physiol. 32, 60 (1950).

Einige Beobachtungen über eine Modulation der Lichtempfindung durch starke magnetische Wechselfelder.

Während einer vorübergehenden Tätigkeit in einer Fabrik für Bahnmotoren hatte der Verfasser im Jahre 1951 Gelegenheit, mit einer improvisierten Anlage eine Erscheinung etwas zu untersuchen, die zwar in dem betreffenden Werk schon seit Jahren bekannt und auch zur Kenntnis von Herrn Prof. RAMSAUER (Physikalisches Institut der Technischen Universität Berlin) gebracht worden war, über die aber anscheinend noch keine Untersuchungen angestellt worden sind und daher auch nichts veröffentlicht wurde. Beobachtet wurde eine Flimmererscheinung (periodische Aufhellung der dunklen Partien des Gesichtsfeldes), die der Beobachter nur wahrnimmt, solange sein Augapfel sich in einem starken magnetischen Wechselfeld befindet, obwohl objektiv von einem Standpunkt außerhalb des Feldes gar kein Flimmern (Fl.) festgestellt werden kann. Voraussetzung hierfür ist, daß die Frequenz hinreichend klein ist, damit das Auge die Lichtschwankungen noch registrieren kann. Bei der verwendeten Frequenz von $16^2/_3$ Hz war dies gut möglich.

Für die Untersuchungen — die wegen einer Versetzung des Verfassers nach kurzer Zeit abgebrochen werden mußten — wurde ein C-förmiger, 85 kg schwerer, aus Blechen geschichteter Elektromagnet von 78 cm Außendurchmesser und 60 cm² Eisenquerschnitt mit zugespitzten Polschuhen gebaut. Die magnetische Feldstärke in der Mitte der Erregerspule betrug maximal 10800 Gß, sie nahm wegen der Streuung nach den Polschuhspitzen zu ab und betrug in der Luft unmittelbar vor den Spitzen etwa 5000 Gß*).

Bei allmählicher Steigerung des Spulenstroms (wenn sich der Augapfel des Beobachters vor der Polschuhspitze befand) oder bei voll eingeschalteter Spulenerregung (wenn das Auge sich der Polschuhspitze näherte), nahm das Fl. — von einem Schwellwert an — etwa linear mit der Feldstärke zu. Dieser Schwellenwert wird nach den behelfsmäßigen Flußmessungen auf 300 bis 1000 Gß geschätzt, doch müßte dieser Wert wegen des weiter unten beschriebenen Einflusses der Raumhelligkeit noch genauer bestimmt werden.

Einbringen von Nichtleitern wie Glas, Holz oder dicke Pappe zwischen den Magneten und das Auge änderte das Fl. nicht, mit Blechplatten gelang eine weitgehende Abschirmung. In völliger Dunkelheit und bei geschlossenen Augen — sofern das Augenlid gegen Licht abgedeckt wurde — konnte kein Fl. bemerkt werden. Das Fl. war von dem Betrage, nicht aber von der Richtung der Feldstärke abhängig, es entstand offensichtlich im Aufapfel, eine Wirkung auf Nerven, andere Organe oder das Gehirn ließ sich nicht nachweisen. Eine Verstärkung des Fl. bei schneller Bewegung des Auges im magnetischen Felde und ein Abnehmen (oder Gewöhnen) nach längerer Beobachtungszeit waren nicht mit Sicherheit festzustellen.

Da eine kontinuierliche Änderungsmöglichkeit der Beleuchtung nicht gegeben war, wurde einmal in der beginnenden Dämmerung beobachtet. Der eine Augapfel befand sich dabei ständig an der Stelle höchster Feldstärke (das andere Auge blieb zwanglos offen). Es zeigte sich, daß mit abnehmender Helligkeit das Fl. an Intensität merklich zunahm. Das Fl., das bei normaler Helligkeit vor allem in den Randpartien des Gesichtsfeldes zu beobachten ist, erstreckte sich allmählich über das ganze Gesichtsfeld und wurde etwa um eine Größenordnung stärker, um dann (nach weiterem Dunkelwerden) plötzlich völlig zu verschwinden. Es war dies bei einer Raumhelligkeit, bei der größere Objekte wahrnehmbar, Zeitungsschrift in 30 cm Entfernung aber gerade nicht mehr lesbar war (Auge normalsichtig). Nach Einschalten der normalen Lampenbeleuchtung war das Fl. sofort wieder wahrzunehmen.

Das stark inhomogene magnetische Feld wirkt demnach offenbar selektiv auf Substanzen hoher Suszeptibilität in den Organen des Tageslichtsehens, nicht aber in jenen des Dämmerungssehens. Die beobachtete Erscheinung könnte demnach möglicherweise für die physiologische Forschung oder medizinische Diagnostik von Interesse sein. Weitere Versuche — insbesondere mit monochromatischem Licht — konnten leider nicht mehr durchgeführt werden**).

München 42, Landsberger Straße 349.

TH. F. ZÜCKLER.

Eingegangen am 13. September 1954.

*) Spulenwindungszahl $n = 105$; Stromstärke ($16^2/_3$ Hz) $i_{eff} = 76$ Amp; Spannung $u_{eff} = 74{,}2$ V; Spulenwiderstand $R = 0{,}043$; Induktivität $L = 9 \cdot 10^{-3}$ H; Fluß (Spulenmitte) $\Phi = 6{,}5 \cdot 10^{-3}$ Vs; Fluß (Polschuhspitze) $\Phi_1 = 0{,}6 \cdot 10^{-3}$ Vs; dort Eisenquerschnitt $F = 9$ cm²; daher Feldstärke $B_1 = 6500$ G.

**) Für die Genehmigung dieser Versuche danke ich hiermit den Herren Direktor Dr. BLAUFUSS und Ing. BURGHARDT, für seinen ermunternden Besuch der Versuchsanlage dem Privatdozenten Dr. RICHTER (T. U. Berlin) und für tatkräftige Hilfe meinen Kollegen K. SCHUMM und F. KOSCHNIKE.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Günter Holtz, Berlin W 35, Reichpietschufer 20. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Begründet 1913 von *A. Berliner* und *C. Thesing*. 1934/35 herausgegeben von *H. Matthes*, 1936—1944 herausgegeben von *F. Süffert*, 1945—1949 herausgegeben von *A. Eucken*.

Beilage: „Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte".

Bildet die Fortsetzung der „Naturwissenschaftlichen Rundschau". Begründet 1886 und bis 1912 (Jahrgang 27) herausgegeben von *J. Bernstein, V. Meyer, B. Schwalbe, W. Sklarek* u. a. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

Organ der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Organ der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, (seit 1948) Organ der Max-Planck-Gesellschaft.

Die „Naturwissenschaften" erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung, in den Westzonen auch jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 15.— DM, für das einzelne Heft 3.— DM, zuzüglich Postgebühren. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20 %. Für Studierende der Naturwissenschaften ermäßigt sich der Bezugspreis auf vierteljährlich 11.25 DM zuzüglich Zustellgebühren. Lieferung läuft weiter, wenn nicht vier Wochen vor Quartalsschluß abbestellt wird. Der Bezugspreis ist im voraus zahlbar.

Nachdruck: Es wird ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, daß mit der Annahme des Manuskripts und seiner Veröffentlichung durch den Verlag das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder an den Verlag übergeht. Grundsätzlich dürfen nur Arbeiten eingereicht werden, die vorher weder im Inland noch im Ausland veröffentlicht worden sind und die auch nachträglich nicht anderweitig zu veröffentlichen der Autor sich verpflichtet.

Es ist ferner ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, photographische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrophote u. ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin W 35, Reichpietschufer 20 [Britischer Sektor], Tel. 24 92 51) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Vertriebs-Vertretung im Ausland:

Lange, Maxwell & Springer Ltd., 242 Marylebone Road, London N.W. 1

Springer-Verlag
Berlin · Göttingen · Heidelberg

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zeitschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,

(20b) Göttingen, Jennerstr. 21, Tel.: 47 17.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildungen von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

Lehrbuch der gesamten Chemie

Von Dr. phil. F. L. Breusch, Professor an der Universität Instanbul, Direktor des zweiten chemischen Instituts.
Zweite Auflage. Mit 85 Abbildungen. VI, 426 Seiten Gr.-8°. 1954. Ganzleinen DM 29.70

Inhaltsübersicht: **Allgemeine Chemie.** Einleitung. Werkzeuge der Chemie. Zusammensetzung der Substanzen. Die Elemente und ihre Ordnung im Periodensystem. Atomkerne. Die Arten der chemischen Bindung. Verhalten der Verbindungen. Zustände und Vorgänge in Lösungen. Die chemischen Reaktionen. — **Spezielle anorganische Chemie.** Nichtmetalle. Metalle. — **Organische Chemie.** Einleitung und Methoden. Aliphatische Kohlenwasserstoffe. Aliphatische Verbindungen mit einem Substituenten. Aliphatische Verbindungen mit mehreren gleichen Substituenten. Aliphatische Verbindungen mit zwei und mehr verschiedenen Substituenten. Aromatische Kohlenwasserstoffe. Aromatische Derivate mit einem oder mehreren Substituenten derselben Art. Aromatische Stoffe mit verschiedenen Substituenten. Hydroaromatische Verbindungen. Farbstoffe. Heterocyclische Verbindungen. Hochpolymere. Sachverzeichnis.

Ein Lehrbuch der Chemie, das in einem Band die Haupttatsachen der allgemeinen, anorganischen und organischen Chemie vereinigt, wird von solchen Studierenden, die Chemie als Nebenfach betreiben, dringend verlangt. Professor Breusch hat es durch geschickte Auswahl und Anordnung verstanden, auf weniger als 500 Seiten solchen Studierenden einen abgerundeten Überblick über den gesamten Examensstoff zu bieten. Hierbei hat er durch besondere Betonung der biologisch wichtigen Verbindungen im organischen Teil insbesondere auf die Bedürfnisse des Medizinstudenten Rücksicht genommen. Aber auch mancher Studierende der Chemie im Hauptfach wird dieses jetzt in zweiter, verbesserter Auflage erscheinende Lehrbuch als erste Einführung in sein Studienfach begrüßen.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Iso-Debyeflex der neue

Röntgenapparat mit kontinuierlich konstanter Gleichspannung für Feinstruktur-Untersuchungen

in Verbindung mit Interferenz-Goniometer und Zählrohrgerät mit Universal-Registriergerät

Rich. Seifert & Co. · Hamburg 13

Röntgenwerk

Anleitung zum Praktikum der analytischen Chemie

Von Professor Dr. S. W. Souci
unter Mitwirkung von Professor Dr. Heinrich Thies und Professor Dr. Dr. Franz Fischler

Soeben erschien:
Zweiter Teil: **Ausführung qualitativer Analysen.** Sechste, ergänzte und verbesserte Auflage. XII, 132 Seiten. 8°. 1954. DM 6.60

Früher erschien:
Erster Teil: **Praktikum der qualitativen Analyse.** Fünfte Auflage. Mit 2 Abbildungen. VIII, 143 Seiten mit Schreibpapier durchschossen. 8°. 1949. DM 6.50

Verlag von J. F. Bergmann / München

Stenocord

das zeitgemäße Diktiergerät

ist die durchdacht konstruierte, präzis und zuverlässig arbeitende leicht transportable Büromaschine

- kleines Format, 285 x 215 x 85 mm
- leicht, ca. 3,5 kg
- einfache Bedienung
- kein Tonträger-Rücklauf
- wirtschaftlicher Betrieb
- löschbare Manschette
- günstiger Preis: DM 598.— (betriebsbereit)

Willy Müller-U-Co-KG

MÜNCHEN 2 · SOPHIENSTRASSE 2 · TELEPHON 55365/66

Ricci-Calculus

An Introduction to Tensor Analysis and its Geometrical Applications

by J. A, Schouten, emeritus Professor of Mathematics in The University of Amsterdam Director of The Mathematical Centre at Amsterdam.

(Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Band X.)

Second Edition. With 16 Figures. XX, 516 Pages Gr.-8°. 1954. DM 55.—; Ganzleinen DM 58.60

This is an entirely new book. The first edition appeared in 1923 and at that time it was up to date. But in 1935 and 1938 the author and Prof. D. J. Struik published a new book, their Einführung I and II, and this book not only gave the first systematic introduction to the kernel-index method but also contained many notions that had come into prominence since 1923. For instance densities, quantities of the second kind, pseudo-quantities, normal coordinates, the symbolism of exterior forms, the Lie derivative, the theory of variation and deformation and the theory of subprojective connexions were included. Now since 1938 there have been many new developments and so a book on Ricci calculus and its applications has to cover quite different ground from the book of 1923. Though the purpose remains to make the reader acquainted with Ricci's famous instrument in tis modern form, the book must have quite, a different methodical structure and quite different applications have to be chosen.

In the first edition there was an extensive literature list. With its 196 titles it covered nearly all the literature on many dimensional differential geometry. The literature list of the Einführung of 1935—1938 with its 488 titles represents only a selection of the literature at that time. This is even more true of the literature list presented here which is by no means exhaustive though it contains about 1400 titles and refers to about 350 authors. By selecting the titles in such a way that the reader interested in some topic will always find at least a few titles that can lead him to more references, the author has tried to retain something of the encyclopedic character of the first edition.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG